



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica

**STUDIO E SPERIMENTAZIONE DI TECNICHE E
STRUMENTI PER VALUTARE E MIGLIORARE
L' ERGONOMIA DELLE POSTAZIONI DI LAVORO IN
LUBE INDUSTRIES**

**STUDY AND EXPERIMENTATION OF TECHNIQUES
AND TOOLS TO EVALUATE AND IMPROVE THE
ERGONOMICS OF WORKSTATION IN LUBE
INDUSTRIES**

Relatore:
Prof. Michele Germani

Tesi di Laurea di:
Edoardo Ciabattoni

Anno Accademico 2019/2020

"Azio Mario"

Sommario

Introduzione	III
L'ergonomia: lineamenti storici e definizioni.....	1
1.1 Evoluzione dell'ergonomia.....	2
1.2 Disturbi e patologie muscoloscheletrici dovuti al lavoro	10
1.3 Industria 4.0 e Human Centred Manufacturing	16
Metodi e strumenti per l'individuazione e la valutazione del rischio	21
2.1 Panoramica legislativa.....	22
2.2 Normative di riferimento	24
2.3 Il metodo NIOSH.....	28
2.4 Il metodo Snook Ciriello	32
2.5 Il Metodo RULA	36
2.6 Il metodo OCRA.....	41
2.7 Strumenti di simulazione	52
LUBE Industries	63
3.1 Panoramica Aziendale	64
3.2 Focus sul processo produttivo	67
3.3 Definizione del case study.....	75
Analisi della linea di produzione.....	78
4.1 Analisi della produttività	79
4.2 Operatore addetto al montaggio dei cestoni	85
4.3 Operatore addetto all'inserimento delle viti	96
4.4 Operatore addetto al carico dei cestoni sui carrelli.....	102
4.5 Simulazione della linea attuale	120
4.6 Valutazioni finali del layout attuale della linea di produzione.....	135

Elaborazione di soluzioni migliorative	138
5.1 Postazione di robotica collaborativa.....	139
5.2 Postazione adibita al carico dei cestoni sui carrelli	147
5.3 Simulazione del layout finale della linea di produzione.....	162
Conclusioni	176
Indice delle figure	179
Indice delle tabelle	183
Bibliografia e Normative di Riferimento	184
Sitografia	185

Introduzione

Nella tesi in esame sono stati analizzati gli aspetti legati ad un argomento di grande importanza quale l'ergonomia, uno dei fattori che influenza in maniera determinante la qualità del lavoro. Al giorno d'oggi, soprattutto in ambito aziendale, questa disciplina rappresenta un elemento imprescindibile nella progettazione e nella valutazione delle postazioni di lavoro poiché contribuisce al controllo ed al raggiungimento degli obiettivi prefissati. Questa scienza, infatti, riesce a determinare le condizioni ottimali di lavoro garantendo una maggiore efficienza in termini di produttività, ma soprattutto permette l'analisi delle criticità che possono sorgere durante il normale svolgimento delle mansioni e che potrebbero generare disagio, fatica e tensioni psichiche nonché fisiche nell'operatore, con una conseguente diminuzione dell'assenteismo oltre che di incidenti sul lavoro e malattie professionali. In ambito industriale l'applicazione dell'ergonomia mira allo studio dell'interazione tra gli elementi chiave che caratterizzano un sistema di lavoro, ovvero l'uomo, inteso sia in senso fisico che cognitivo, la macchina, definita come l'apparecchiatura necessaria a gestire il flusso di informazioni o per svolgere la mansione assegnata, e infine l'ambiente, quindi l'insieme delle caratteristiche del luogo in cui viene svolta l'attività lavorativa. Una delle caratteristiche determinanti dell'ergonomia è la multidisciplinarietà, infatti, questa tipologia di valutazione attinge da conoscenze derivanti da varie discipline quali l'ingegneria, la biomedica, il design industriale, ma anche la sociologia, la psicologia e l'antropometria, il tutto mirato inizialmente all'analisi dei fattori di rischio che possono portare all'insorgere di malattie professionali che andrebbero a compromettere il benessere del lavoratore anche in ambienti privati e non solo lavorativi, e in secondo luogo alla scelta di soluzioni migliorative che minimizzino la tipologia di rischio individuato promuovendo non solo la salute e la sicurezza delle persone, ma anche il benessere nel posto di lavoro stimolando l'operatore a svolgere i propri compiti e garantendo il raggiungimento degli obiettivi aziendali. In particolare, nel caso in analisi, si sono valutate alcune soluzioni che, applicando gli aspetti sopra descritti, permetterebbero di rendere più agevole il lavoro di alcuni operatori all'interno di una linea di produzione dell'azienda LUBE Industries. Dopo aver individuato i principali fattori di rischio che potevano intaccare la salute della persona, tramite gli strumenti propri dello studio dell'ergonomia, si è cercato di risolvere le problematiche emerse utilizzando delle tecnologie innovative, che stanno prendendo piede nello scenario industriale moderno e focalizzando l'attenzione sul concetto di Industria 4.0 che propone metodi risolutivi sponsorizzando la cooperazione tra uomo e macchina, in particolare è stata sfruttata la grande potenza dei nuovi software di simulazione grazie ai quali è stato

possibile svolgere un'analisi molto realistica e, soprattutto, affidabile. Nella attuale situazione, in cui a regnare sovrane sono l'evoluzione e le rapidissime innovazioni che sembrano mettere al centro del processo le macchine, l'Industria 4.0 coniuga l'introduzione di tali tecnologie, competenze e modelli organizzativi con la trasformazione dell'ambiente lavorativo e delle modalità con cui l'operatore si interfaccia alle macchine stesse. È chiaro, quindi, come la correlazione tra ergonomia e Industria 4.0 rappresenterà la base per queste nuove tecnologie ideate e realizzate nell'ottica della tutela del benessere degli operatori e dell'interazione sicura e agevole tra uomo e macchina, elevando la persona a fonte di valore aggiunto. Tale aspetto si manifesta tramite lo sviluppo di sistemi ideati per affiancare il lavoratore aiutandolo nel compimento di mansioni gravose che altrimenti andrebbero a incidere sulla modalità di svolgimento dei compiti con ripercussioni sulla qualità del lavoro in senso esteso. Nel caso concreto tali soluzioni permettono di eliminare quasi completamente i disagi causati dalle movimentazioni di carichi eccessivi o dall'assunzione di posture incongrue garantendo l'efficienza della linea di produzione richiesta dall'azienda senza avere delle ripercussioni sulla produttività giornaliera. Al termine del lavoro di riprogettazione, infatti, si è giunti ad un layout delle postazioni di lavoro che potrebbero essere implementate mantenendo lo standard qualitativo e quantitativo che LUBE garantisce ai propri clienti.

Capitolo 1

L'ergonomia: lineamenti storici e definizioni

1.1 Evoluzione dell'ergonomia

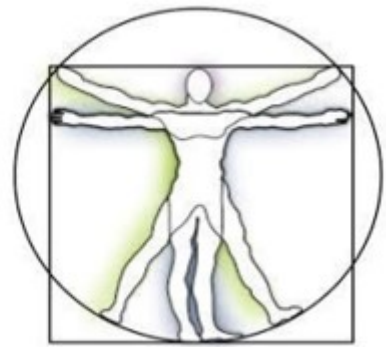
La parola ergonomia, “la scienza del lavoro”, deriva dal greco *ergon* (lavoro) e *nomos* (leggi). L'ergonomia, secondo la definizione della IEA (International Ergonomics Association), è quella disciplina scientifica interessata alla comprensione delle interazioni tra esseri umani e altri elementi di un sistema, è la professione che applica teoria, principi, dati e metodi alla progettazione al fine di ottimizzare il benessere umano e le generali prestazioni del sistema (ratificato dal Consiglio IEA, 2000). È quindi una scienza interdisciplinare che analizza il rapporto tra l'essere umano e tutto ciò che lo circonda che si è sviluppata nel tempo a partire dallo studio del corpo umano. Lo stesso Leonardo da Vinci può essere considerato un precursore di questa disciplina tramite i suoi studi sul corpo mirati a dimostrare come le complessità della figura umana si basa su delle regole più semplici andando a trattare anche, in alcuni suoi appunti, la componente biomeccanica.



a)



b)



c)

Figura 1: a) Leonardo da Vinci b) L'uomo vitruviano c) Semplificazione della figura umana

Ai suoi studi si affiancavano anche quelli di altre figure come ad esempio Giorgio Martini, architetto, pittore, ingegnere e scultore italiano che nel suo trattato di architettura civile e militare esprime la necessità di affiancare la progettazione architettonica alla figura umana, affermando che le piante architettoniche dovrebbero rispecchiare le proporzioni dell'uomo. Chiaramente l'evento che maggiormente ha influenzato l'ergonomia è stata la rivoluzione industriale (1796) dove la scoperta dei primi motori a vapore ha portato allo sviluppo di macchine che riuscivano talvolta a sostituire l'operatore stesso determinando notevoli vantaggi. Tuttavia, in

contrapposizione agli evidenti miglioramenti iniziavano a delinarsi situazioni spiacevoli a partire da condizioni sempre più proibitive degli operai che sfociarono in disordini sociali e problemi di salute. Per rimediare a queste condizioni malsane di lavoro Charles Tackrah propose soluzioni volte a migliorare il lavoro nella sua integrità ponendo le basi, intorno al 1831, della medicina del lavoro. Grazie al suo lavoro si pervenne all'attuazione di un provvedimento, nel 1833, dal nome Factory Act che esprimeva le prime limitazioni in merito al lavoro minorile imponendo dei limiti di tempo pari a 8 o 12 ore di lavoro in fabbrica per ragazzi di fasce di età differenti dai 8 ai 18 anni. Ad oggi sembrerebbe inaccettabile una condizione del genere, ma fu una grande vittoria per il periodo storico in cui è stato redatto. Da questo momento in poi si è iniziato a trattare anche altri argomenti che non erano neppure presi in considerazione quando si discutevano argomenti inerenti agli ambienti lavorativi come ad esempio i diritti delle donne, la pulizia delle fabbriche ma anche l'avvento delle prime recinzioni per i macchinari per garantire l'incolumità dei lavoratori. Il termine ergonomia compare per la prima volta in un articolo del 1857 dello scienziato Jastrzebowki che portava il titolo di: *“Cenni dell’ergonomia o regola del lavoro basato sulla verità presente nella storia naturale”*.

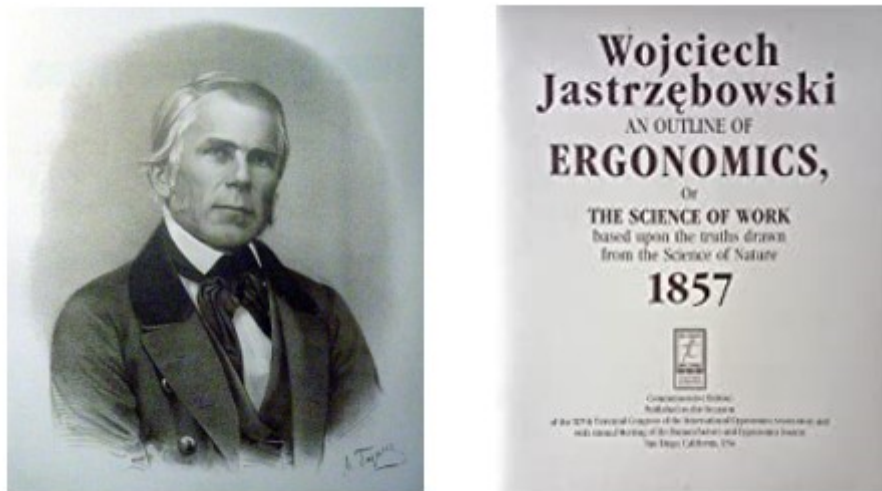


Figura 2: Ritratto di Wojciech Jastrzebowski e il suo celebre trattato

In seguito, grazie anche all'avvento del sistema ideato da Taylor nel 1912 conosciuto come catena di montaggio, si iniziarono a studiare i compiti e la loro ripetitività definendo quindi la corretta modalità di esecuzione ed eliminando movimenti lenti o inutili. Solo nel 1949 ad Oxford, in ambito accademico e multidisciplinare, nasce l'ergonomia. Concetto ripreso da K. F. H. Murrel che lo utilizzò per descrivere le linee guida del design di prodotti, ambienti e servizi che andassero incontro alle esigenze dell'utente e definendo l'ergonomia come "adattamento del lavoro all' uomo".



Figura 3: Foto di K. F. H. Murrel e la sua opera "Ergonomics - Man in his working environment"

Secondo il suo trattato, infatti, lo scopo dell'ergonomia era di aumentare l'efficienza dell'attività umana permettendo di ridurre i costi per il lavoratore eliminando quelle caratteristiche della progettazione che nel lungo periodo avrebbero portato ad inefficienza o inabilità fisica, il tutto quindi cercava di sensibilizzare nell'industria la consapevolezza dell'importanza del fattore umano in fase di progettazione quale elemento fondamentale nella catena del valore. È proprio negli ultimi 50 anni del XX secolo che l'ergonomia come la intendiamo oggi prende piede anche in Italia grazie a varie figure che mettevano l'operatore al primo posto, tra questi è doveroso citarne due in particolare.

Il primo è Adriano Olivetti, industriale ma anche intellettuale, urbanista e anche editore, è stato tra i precursori del progetto sociale che metteva l'uomo al centro dell'attenzione.



a)



b)

Figura 4: a) Foto di Adriano Olivetti nella sua fabbrica e b) nel suo ufficio

Fece tesoro delle sue esperienze adolescenziali per rendere meno dannoso il rapporto uomo-macchina e vi basò la sua teoria che sosteneva come l'incremento della produttività fosse dovuto alla forte motivazione personale del lavoratore ed alla partecipazione degli stessi alla vita aziendale, un modello che oscillava tra utopia e concretizzazione di un sogno che può essere riassunto in una frase detta da Olivetti stesso: *“La bellezza, insieme all'amore, alla verità ed alla giustizia, rappresenta un'autentica promozione spirituale. Gli uomini, le ideologie, gli Stati che dimenticheranno una sola di queste forze creatrici non potranno indicare a nessuno il cammino verso la civiltà”* - Ergonomia come ricerca di armonia, di verità e di equità sociale (Adriano Olivetti in *Città dell'uomo*, Ed. di Comunità, Milano, 1959). La seconda figura degna di nota risulta essere il Prof. Antonino Grieco, professore ordinario di “Medicina Preventiva dei Lavoratori”, ha contribuito in prima persona allo sviluppo della Medicina del Lavoro anche a livello internazionale; in particolare, può essere considerato il fondatore di varie organizzazioni quali l'EPM (Unità di Ricerca della Postura e del Movimento, 1985), la CIIP (Consulta Interassociativa Italiana per la Prevenzione, 1990) tra le altre, ma soprattutto gli si può conferire il merito di aver dato vita alla SIE (Società Italiana di Ergonomia) nel 1965 definendo l'ergonomia come una tecnica atta ad analizzare, valutare e quindi progettare procedure antropocentriche in sistemi semplici o complessi facendo riferimento ai tratti multidisciplinari che la contraddistinguono utilizzando modelli concettuali e metodi da varie discipline come la politecnica (ingegneria, architettura...), la biomedica (la biomeccanica, l'antropometria...) e l'area sociale (sociologie, differenze culturali...).



**Società Italiana di Ergonomia
e Fattori Umani**

Figura 5: Foto del Prof. Antonino Grieco e logo della SIE

Con l'avanzare degli anni questa scienza si è plasmata stando al passo con l'evoluzione delle tecnologie industriali, nonché degli ambienti di lavoro, ad esempio negli anni '90 il lavoro manuale ha ceduto il passo all'automatizzazione rendendo fondamentale lo studio e la facilità di interfaccia tra l'operatore e la macchina, facendo in modo che il flusso delle operazioni sia continuo ed efficiente. In questa fase lo studio dell'ergonomia si propone anche di studiare i requisiti funzionali del prodotto in modo da rendere agevole l'interazione dell'utente con gli stessi rendendo tali prodotti *user friendly*, sicuri, facili e semplici all'utilizzo mettendo l'uomo al centro della progettazione e garantendo un elevato grado di usabilità¹. Ad oggi l'ergonomo è, quindi, un professionista che, nonostante spesso lavori all'interno di particolari settori quale ad esempio economico o industriale, abbia padronanza di un determinato dominio ma allo stesso tempo deve essere in grado di applicare teorie, principi e dati di molte altre discipline tramite un approccio di tipo olistico e sistemico prendendo in considerazione fattori fisici, cognitivi, sociotecnici, organizzativi, ambientali nonché le complesse interazioni tra l'uomo e gli altri esseri umani, l'ambiente e le macchine. È necessario quindi analizzare la natura dell'ergonomia individuando i tre aspetti che contraddistinguono questa scienza.

¹ L'International Organization for Standardization definisce in questo modo l'usabilità: "l'usabilità è la misura in cui un prodotto può essere usato per raggiungere specifici obiettivi con efficacia, rendimento e soddisfazione in un contesto d'uso specificato" (ISO 9241).

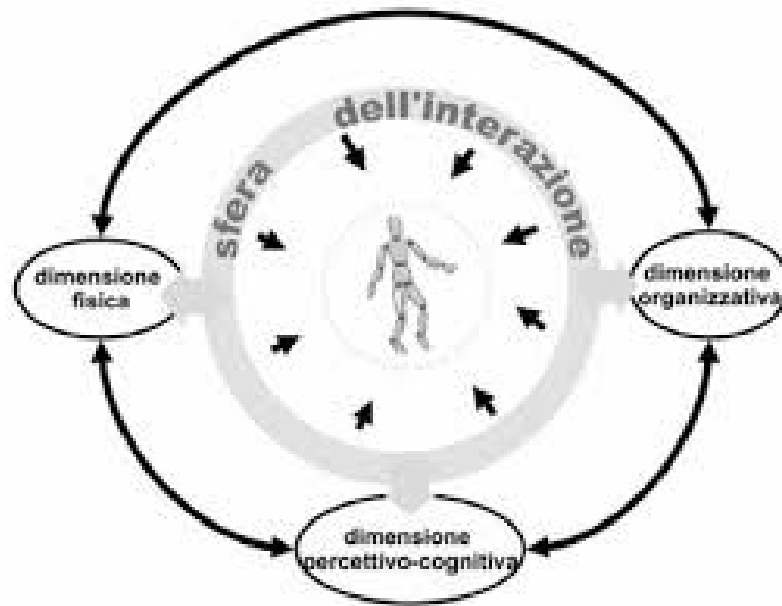


Figura 6: Aspetti caratteristici dell'ergonomia

- *Ergonomia fisica*: riguarda l'analisi di tutti quegli aspetti che concorrono a determinare il rapporto di interazione dell'uomo con i sistemi ponendo l'attenzione sulle componenti prevalentemente fisiche. Riguarda questo ambito lo studio dei fattori anatomici, antropometrici, fisiologici e biomeccanici che si occupano di definire gli standard da prendere come riferimento per effettuare una corretta indagine volta al miglioramento delle criticità individuate. Si occupa quindi della verifica delle posture assunte dalle persone sia in ambito lavorativo che privato, lo studio degli sforzi ma anche della movimentazione di carichi, la manipolazione di strumenti e attrezzature, gli spazi di lavoro e quindi anche il layout delle attività.
- *Ergonomia cognitiva*: questo aspetto si focalizza sull'osservazione di processi mentali come la percezione, l'elaborazione delle informazioni, la memoria e l'attivazione delle risposte motorie nell'interazione fra l'uomo e il sistema. Lo studio di questi aspetti permette di analizzare le logiche connesse alla percezione degli stimoli e alla comprensione dei segnali, ma anche di determinare il carico mentale nello svolgimento di un compito e permette quindi di definire nella sua completezza il processo di *decision making* e dei processi che portano la persona a fare determinate scelte piuttosto che altre.
- *Ergonomia organizzativa*: questi aspetti, definiti anche come macroergonomia, riguardano l'ottimizzazione dei sistemi sociotecnici, delle strutture organizzate, delle politiche e delle strategie che regolano lo svolgimento delle attività dell'uomo. Tra questi, ad esempio, ci sono i tempi, metodi e ritmi delle attività, ma anche il clima

relazionale e la comunicazione, tutti fattori che se non debitamente considerati potrebbero sfociare in rapporti “malati” in cui regna il malessere e lo scontento generale della leva operativa.

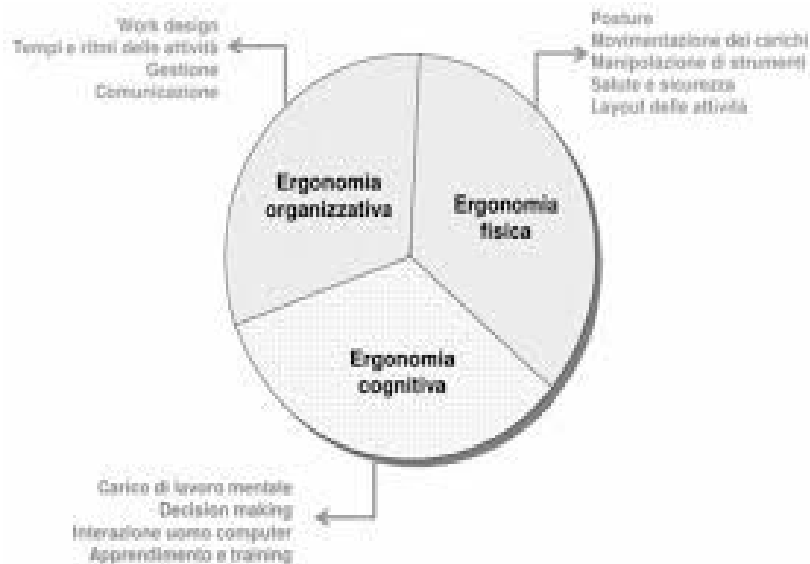


Figura 7: Aree di influenza dell'ergonomia

É importante quindi che l'ergonomo tenga conto di tutti gli aspetti che vanno e determinare l'ergonomia di un'attività, per far ciò sono stati individuati i valori fondamentali essenziali della disciplina, i capisaldi imprescindibili di cui si deve tener conto per effettuare un'indagine accurata e mirata alla ricerca del benessere della persona. Tali principi sono:

- Gli esseri umani come beni
- Tecnologia per assistere gli umani
- Promozione della qualità della vita
- Rispetto per le differenze individuali
- Responsabilità verso tutte le parti interessate

In questo elaborato, in particolare, è stata analizzato a fondo principalmente l'aspetto fisico dell'ergonomia in tutte le sue sfaccettature focalizzando l'attenzione sulle posture assunte dagli operatori durante lo svolgimento delle loro mansioni che caratterizzano un normale turno di lavoro. Si capisce come l'ergonomia contribuisce alla salute economica dell'azienda migliorando il benessere, la capacità e la sostenibilità dei lavoratori, influenzando l'efficienza e riducendo le perdite causate da riduzione della produttività, carenze di qualità e mancanza del personale a causa di problemi fisici dei lavoratori. I luoghi di lavoro che mettono l'ergonomia alla base della progettazione godranno di dipendenti motivati, spinti a fare in maniera ottimale il proprio lavoro producendo quindi migliori risultati aziendali, in definitiva la progettazione ergonomica dei sistemi di lavoro è un buon affare che permette di ripagare gli investimenti necessari a garantire tali standard. È evidente, quindi, come l'uomo risulta essere l'anello principale della catena che lega l'azienda al successo e che lo scopo della tecnologia non deve essere quello di sostituire il lavoro delle persone, in quanto l'essere umano è in grado di garantire standard che le macchine, per quanto siano avanzate, non sono in grado di assicurare, ma di aiutarlo, affiancarlo e favorirne il lavoro creando attorno ad esso un ambiente che tenga conto di tutte le sue esigenze, da quelle fisiche a quelle psicologiche.

1.2 Disturbi e patologie muscoloscheletrici dovuti al lavoro

Tralasciare l'aspetto ergonomico è un grave errore, infatti, non garantire un ambiente lavorativo idoneo in cui l'operatore riesca ad esplicare i suoi compiti, rispettando le ottimali condizioni di svolgimento, porta all'insorgere di una moltitudine di disturbi che possono sfociare in vere e proprie patologie muscoloscheletriche che influenzeranno il proseguo della sua vita, talvolta anche in maniera irreversibile. Assumere posizioni incongrue, l'esposizione a microtraumi e sollecitazioni funzionali, ma anche il sovraccarico articolare dovuto a movimentazione dei carichi rilevanti espone l'operatore a rischi che potrebbero compromettere le abitudini dell'uomo avendo ripercussioni sugli arti superiori e inferiori o alla colonna vertebrale, ma anche dei tendini, dei nervi fino ad interessare il sistema muscolare quanto quello circolatorio. Le conseguenze alle malattie e disturbi muscoloscheletrici da sovraccarico biomeccanico (in sigla DMS) possono essere assai gravi e interessare la vita quotidiana dell'operatore spaziando dal punto di vista sociale ed economico fino a quello fisico comportando forti dolori e sofferenza personale ma anche una possibile riduzione del reddito; allo stesso tempo sono indirettamente coinvolte le stesse aziende che vedono una riduzione dell'efficienza ma anche lo Stato stesso dato che incidono sulla spesa sanitaria e previdenziale. Una gran parte della comunità presenta dolori alla schiena, al collo o agli arti, la causa è attribuita all'invecchiamento ma anche come accennato in precedenza da movimenti erranei o dall'assunzione di posture incongrue sia in ambito lavorativo che quotidiano. I fenomeni che si manifestano più comunemente sono stanchezza, intorpidimento e rigidità o dolore a:

- *Rachide* (collo e schiena): rappresenta la struttura portante del corpo umano costituita da ossa (vertebre) e dischi intervertebrali ed è la sede del midollo osseo da quale partono i nervi che si collegano a tutto il resto del corpo.

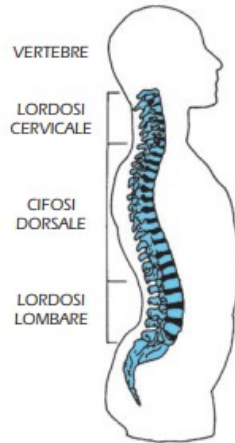


Figura 8: Anatomia del rachide

Con l'avanzare dell'età la capacità ammortizzatrice dei dischi vertebrali perde la sua efficienza creando disturbi perlopiù locati nella zona lombare. Chiaramente, sforzi eccessivi e vita sedentaria accentuano il manifestarsi di questi fenomeni che possono portare alla nascita di fenomeni quali ad esempio i becchi artrosici², la lombalgia acuta³, l'ernia al disco⁴, fino alle più complesse vere e proprie alterazioni della colonna vertebrale (fig. 9) quali la scoliosi (1), il dorso piatto (2), il dorso curvo o ipercifosi (3) e l'iperlordosi (4).

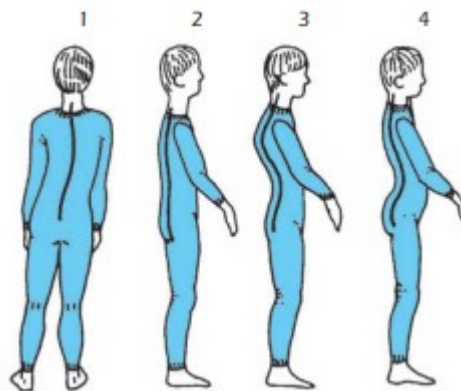


Figura 9: Alterazioni della colonna vertebrale

² Più comunemente conosciuta come artrosi, consiste nella formazione di piccole protuberanze ossee sul bordo della vertebra che possono provocare dolore locale.

³ Nel linguaggio di tutti i giorni "colpo della strega" dovuto ad una reazione istantanea dei muscoli e di altre strutture della schiena a causa di sforzi eccessivi, causa dolore lancinante e talvolta può avere effetti immobilizzanti.

⁴ Fenomeno causato dalla fuoriuscita della parte centrale del disco intervertebrale, detta nucleo polposo, dall'anello fibroso che lo racchiude e quindi dal disco stesso con conseguente forte dolore lombare irradiato al gluteo e alla coscia.

È necessario chiarire, però, che queste ultime possono essere congenite e non direttamente causate da un inadeguato comportamento, è altrettanto vero che la presenza di tali alterazioni aumenta la possibilità di incorrere in disturbi alla schiena dovuti al lavoro. Gli elementi di rischio da considerare nell'analisi della movimentazione dei carichi sono le caratteristiche del carico stesso, lo sforzo fisico richiesto, le caratteristiche dell'ambiente lavorativo, le esigenze connesse all'attività (pause o periodi di recupero insufficienti), ritmo imposto da un processo non modulabile dal lavoratore, da fattori individuali di rischio (indumenti, calzature o altri effetti personali indossati dall'operatore, insufficienza o inadeguatezza delle conoscenze) fino ad arrivare alla ripetitività dei movimenti, le posture e la temperatura del luogo di lavoro. È fondamentale quindi andare a considerare tutti questi aspetti riuscendo a introdurre atti preventivi o correttivi che rappresentano il perfetto connubio di elementi atti a limitare i fattori di rischio.

- *Arti superiori* (spalle, braccia e mani): per quanto riguarda i disturbi degli arti superiori, questi riguardano prevalentemente la spalla, il gomito il polso e la mano.

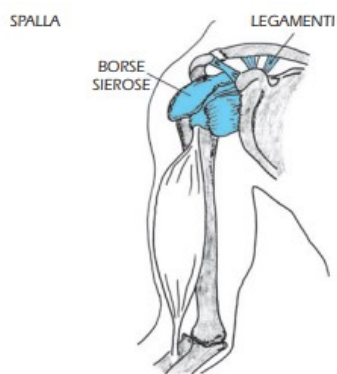


Figura 10: Anatomia della spalla

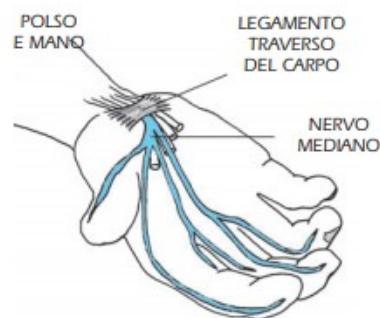


Figura 11: Anatomia del polso e della mano



Figura 12: Anatomia del gomito

Problemi frequenti sono il bloccaggio dell'intera articolazione, per quanto riguarda la spalla, oppure l'epicondilita e l'epitrocleite nel gomito⁵ fino ad arrivare alla sindrome del tunnel carpale dovuta alla compressione del nervo mediano passante proprio per il tunnel carpale e si manifesta con formicolii e sensazione di intorpidimento fino a sfociare in perdita di sensibilità delle dita e di forza della mano. Come nel caso precedente i fattori di rischio che concorrono al presentarsi di tali fenomeni devono essere individuati ed esaminati singolarmente ma anche valutare la loro interazione; i principali sono la prolungata durata del compito lavorativo, frequenza e ripetitività dell'attività, forze in gioco elevate, posture incongrue, tempi di recupero insufficienti o tipo di presa non adeguato fino ad arrivare all'utilizzo di attrezzature non ergonomiche o vibranti.

- *Arti inferiori* (gambe e piedi): in questo caso le patologie che si sviluppano e che riguardano il ginocchio comportano la lesione del menisco, la borsite pre-rotulea⁶ o la tendinopatia rotulea che comporta dolore nella parte alta o bassa della rotula.

⁵ Il cosiddetto "gomito del tennista" e il "gomito del golfista" che consistono in un'alterazione della parte laterale nel primo caso e mediale nel secondo che causano forte dolore locale all'aumentare della movimentazione dell'arto.

⁶ Nota come ginocchio della lavandaia, correlata alle attività da svolgere in ginocchio che provoca un gonfiore localizzato nella zona superiore alla rotula associato a riduzione di mobilità articolare, arrossamento e dolore locale.

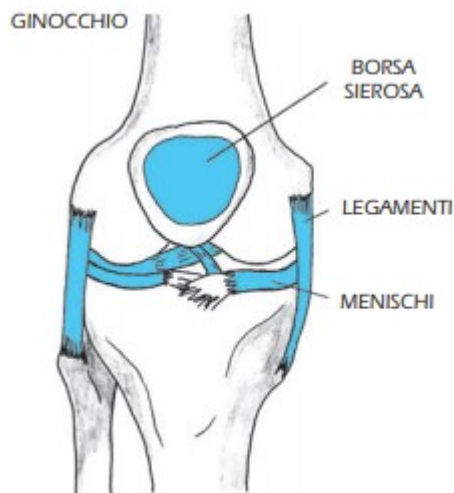


Figura 13: Anatomia del ginocchio

Per quanto riguarda il piede invece di particolare interesse sono la talalgia plantare⁷, la tendinite di Achille con l'infiammazione dello stesso tendine e la sindrome del tunnel tarsale causata dallo schiacciamento del nervo tibiale posteriore che si manifesta con formicolii e dolori alla pianta del piede. In questo caso i fattori di rischio sono collegati alla natura del lavoro stesso, alla ripetitività dei compiti e alla durata degli stessi che potrebbero dover essere effettuati in posizione inginocchiata o curva, ma anche ad azioni che causano sollecitazioni e microtraumi a carico del ginocchio e del piede (come salti, salite ecc....).

A conferma di quanto sia fondamentale lo studio e la valutazione di tutti i fattori di rischio sopra elencati i dati ci indicano come in Europa⁸ quasi il 25% dei lavoratori soffre di problemi alla schiena e il 23% soffre di dolori muscolari. Il 62% dei lavoratori svolge operazioni ripetitive con le mani o le braccia per un quarto dell'orario di lavoro; il 46% lavora in posizioni dolorose o stancanti; il 35% trasporta o movimenta carichi pesanti. Di qui l'interesse più volte dimostrato dalla Comunità Europea con numerosi studi sull'argomento, tra i quali si segnala la ricerca denominata "Fit for work?" ("Idoneo al lavoro?") del 2009, per valutare l'impatto dei DMS sulla popolazione lavorativa dei 27 Paesi dell'UE e le possibili buone prassi da adottare. Abbiamo potuto vedere quanto possano essere gravi le conseguenze dei DMS, ma questi non sono un

⁷ Condizione dolorosa del tallone a causa della necessità di stare per troppo tempo in posizione eretta oppure se sottoposto a ripetuti traumi.

⁸ Dati ESAW 2005: European Statistics on Accident at Work.

rischio inevitabile, i datori di lavoro e i lavoratori stessi possono intervenire cercando di prevenire l'avvento di tali disturbi o perlomeno cercare di ridurne l'incidenza rispettando meticolosamente le norme vigenti in merito alla sicurezza e alla salute. A tal fine, nel 2007 l'Agenzia europea per la sicurezza e la salute ha promosso l'iniziativa "Alleggerisci il carico" promuovendo tre aspetti fondamentali in merito:

- il primo riguarda la collaborazione tra datore di lavoro e lavoratore per cercare delle soluzioni volte alla riduzione dei DMS;
- altro aspetto di riguardo è che nella valutazione degli interventi da effettuare venga considerato l'intero carico esercitato sul corpo, inteso non solo come sforzo da compiere ma anche come tensioni derivanti da un ambiente di lavoro freddo o dalla difficoltà di interazione con le macchine;
- infine, se i processi lavorativi in analisi lo consentono, che i datori di lavoro si impegnino al reinserimento dei lavoratori affetti da queste patologie.

É evidente, quindi, come il datore di lavoro debba garantire la salute e la sicurezza dei lavoratori cercando di mettere in atto tutte le azioni preventive o correttive al fine di limitare il rischio di tali patologie muscoloscheletriche, ma è fondamentale anche come il coinvolgimento e la partecipazione dei lavoratori in merito alla determinazione dei rischi sia vitale dato che nessuno conosce meglio di loro l'ambiente lavorativo, devono quindi essere formati mettendoli a conoscenza dei DMS e delle azioni preventive da realizzare per consentire loro di lavorare evitando pericoli e rischi specifici.

1.3 Industria 4.0 e Human Centred Manufacturing

“La quarta rivoluzione industriale ha ridisegnato il ruolo delle persone. Che devono maturare nuove competenze per interagire con i robot. Per dare vita a un innovativo modello organizzativo ed economico.⁹ ” Con questo estratto si riassume bene come sta evolvendo la situazione tecnologica con l’avanzare degli anni che trova le fondamenta nel concetto di Industria 4.0, termine al quale non si è ancora attribuito un vero e proprio significato ma del quale sono noti e chiari quelli che sono gli obiettivi e le caratteristiche che andranno a contraddistinguere i nuovi ambienti lavorativi. Quindi per esprimere le peculiarità di tali innovazioni consideriamo l’industria 4.0 come l’affermarsi della tecnologia che, grazie al web, riesce a creare tecniche e oggetti intelligenti permettendo la reciproca interazione tra mondo reale e mondo virtuale, ma anche di analizzare un elevata quantità di dati grazie ad algoritmi molto complessi che permettono di andare a fondo nell’analisi di fattori che influenzano il normale svolgimento delle attività e valutarne le azioni correttive ma soprattutto preventive.



Figura 14: Industria 4.0

Nello specifico le tecnologie identificative dell’industria 4.0, individuate da Boston Consulting Group sono:

- *Big data and analytics*: consiste nell’utilizzo di tecnologie all’avanguardia che permettono di processare un quantitativo pressoché illimitato di dati, di analizzarli

⁹ Tratto dall’articolo “Human Centred Manufacturing, L’uomo al centro della fabbrica” di Veronica Peresotti

e valutarli consentendo alle figure aziendali quali ricercatori o analisti di prendere decisioni in maniera più accurata e veloce.

- *Robot autonomi:* ad oggi la caratteristica richiesta ai robot non è di natura meccanica, né informatica, né elettronica, si cerca di sviluppare l'intelligenza del sistema, questo a favorire l'adattabilità e la flessibilità. Si va verso lo sviluppo di robot in grado di percepire l'ambiente esterno e prendere decisioni a seguito di input ricevuti da ciò che lo circonda e cercando di consentire la collaborazione con il lavoratore garantendo il massimo livello di sicurezza.
- *Simulazioni:* in questo caso si parla di simulazioni interconnesse, realizzate tramite degli appositi software che stanno prendendo sempre più piede all'interno della realtà aziendale grazie anche alla riduzione dei prezzi dovuta al lancio di un gran numero di programmi che permettono di utilizzare questo strumento. In particolare, si riescono ad ottimizzare i processi andando a simulare varie attività quali lo stampaggio, la saldatura, la piegatura, l'imbutitura e tanti altri processi determinando le loro variabili e soprattutto i risultati che si manifesteranno a seguito della messa in atto di tali fattori; ma anche veri e propri sistemi di lavoro in cui si può valutare l'interazione uomo-macchina evidenziando quelle che sono le criticità alle quali porre rimedio.
- *Integrazione orizzontale e verticale dei sistemi informativi:* questo aspetto mira invece a mettere in collegamento vari elementi che siano essi interni o esterni all'azienda. Per quanto riguarda l'integrazione verticale si cerca di creare una comunicazione, un collegamento e, soprattutto, condivisione di informazioni all'interno dell'azienda interessando tutta la struttura gerarchica della stessa, a partire dall'operatore fino ad arrivare al manager. L'integrazione orizzontale invece mantiene lo stesso principio di quella verticale a differenza che coinvolge tutti i soggetti esterni all'azienda quali ad esempio i fornitori o i distributori. Questo aspetto riesce a migliorare il dinamismo con la quale si prendono decisioni grazie alla facilità con la quale le informazioni vengono condivise tra tutti coloro i quali appartengono ai vari settori che determinano il successo di un'azienda.
- *Industrial Internet of Things:* questa metodologia permette di intervenire in maniera decisa sull'efficienza dell'azienda. Questa tecnologia si avvale di sensori intelligenti a contatto con i macchinari produttivi, o dispositivi energetici ma anche infrastrutture tramite i quali vengono elaborati dei dati che una volta analizzati possono incidere sulla produttività, sicurezza del personale e molto

altro. Quindi l'IIoT è in grado di collegare tra loro i vari ambienti del sistema di lavoro creando, tramite la rete Internet, una connessione tra tutti gli oggetti che ne fanno parte.

- *Cybersecurity*: si occupa della protezione dei sistemi, delle reti e dei programmi dagli attacchi digitali. Le informazioni, all'interno delle aziende, infatti, possono essere viste come fonte di ricchezza ed hanno una elevata importanza, sono loro infatti a caratterizzare i processi aziendali; non è un caso quindi come questi attacchi digitali mirino all'accesso, alla trasformazione o anche alla distruzione delle informazioni che possono causare gravissimi danni all'azienda. È importante, quindi, come la cybersecurity debba essere il più all'avanguardia possibile, adottando misure sicure ed efficaci, aspetto molto complesso a causa dell'elevato numero di dispositivi elettronici in circolazione e agli hacker che stanno diventando sempre più innovativi.
- *Cloud computing*: anche questo strumento ha come fine quello della riduzione dei costi, ma può anche essere applicata ad una azienda che basa la propria filosofia sulla reattività e sull'agilità, garantendo quindi un certo grado di flessibilità, requisito fondamentale al giorno d'oggi. Consistono in grandi data centre che permettono di utilizzare e pagare le risorse di cui si necessita come ad esempio storage, programmi o servizi, e il tutto può essere effettuato da remoto senza dover incorrere in spese o problemi di installazione, gestione o manutenzione.
- *Additive Manufacturing*: consiste nell'insieme dei processi che permettono la realizzazione di prototipi, ma anche di soddisfare talvolta la produzione, a partire dai modelli digitale tramite le tecniche di fabbricazione additiva. Questo chiaramente permette all'azienda di svincolarsi dalle limitazioni imposte dai processi tradizionali in termini di forma, caratteristiche meccaniche ma anche di costi grazie all'eliminazione degli sfridi che permette di non incappare in sprechi di materiale. Inoltre, le moderne tecnologie hanno permesso a questa tecnologia di essere competitiva anche nel caso in cui il lotto di produzione non sia unitario, riuscendo a rispondere ad una domanda ancora modesta, ma con estremi benefici in termini di costi.
- *Realtà aumentata*: questa tecnologia, insieme alla realtà virtuale, permettono di ottenere notevoli vantaggi nella fase di progettazione, permettendo di individuare le peculiarità del prodotto senza dover iniziare la produzione o la prototipazione, ma anche nell'ambito di processo permettendo agli operatori di visualizzare, come

nel caso della manutenzione, le istruzioni da seguire direttamente mentre lavorano tramite dispositivi quali visori o strumenti che garantiscono un feedback affidabile e preciso.

In uno scenario di questo tipo, rivolto all'utilizzo della tecnologia, è importante definire il ruolo dell'essere umano che sembrerebbe essere accantonato. Infatti, una delle critiche rispetto alla quarta rivoluzione industriale è che l'uomo scomparirà a favore delle macchine e dell'automazione. Sotto questo aspetto è vero che le nuove tecnologie faranno limitato ricorso ad una manodopera meno specializzata, ma, allo stesso tempo, sarà necessario disporre di personale altamente qualificato per monitorare e gestire la fabbrica del futuro. Quindi, questa, più che una rivoluzione tecnologica, risulta essere una modifica di tipo organizzativo che mira a cambiare la mentalità attuale, le modalità di lavoro e l'interazione uomo-macchina. A seguito di questa rivoluzione, quindi, l'uomo non scomparirà ma avrà un ruolo centrale e strategico. L'Effra (European factories of the future research association) sostiene infatti che "*Human centrality will be needed in factories of the future in order to increase flexibility, agility and competitiveness*"¹⁰, sottolineando appunto l'importanza del fattore umano all'interno di tutto il ciclo produttivo.

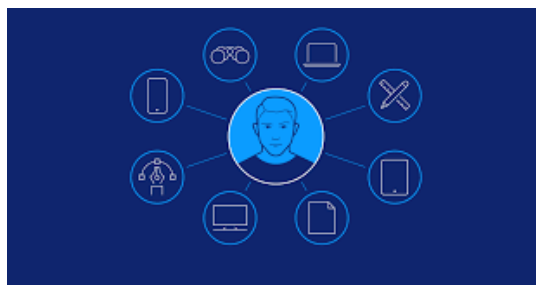


Figura 15: "Human centre manufacturing", l'uomo al centro del progetto

Proprio secondo questo concetto è stato definito lo *Human centred manufacturing*, il quale è la definizione dell'obiettivo dell'Industria 4.0 di passare da un'organizzazione governata dai compiti (task-centric) ad una basata sull'uomo (human centred) in cui tutte le fasi del ciclo di vita del prodotto collassano nella figura della persona che deve essere in grado di controllare il processo e la tecnologia, ma anche in grado di rispondere alle variazioni che interessano

¹⁰ Factories of the future - Multi annual roadmap for the contractual PPP under Horizon 2020, European Union, 2013

l'interazione tra l'uomo e le macchine che lo circondano nel sistema di lavoro, le quali puntano ad essere sempre più intelligenti in modo da favorire il corretto svolgimento dei compiti, ma lasciando sempre spazio all'attività dell'operatore valorizzandone il lavoro.

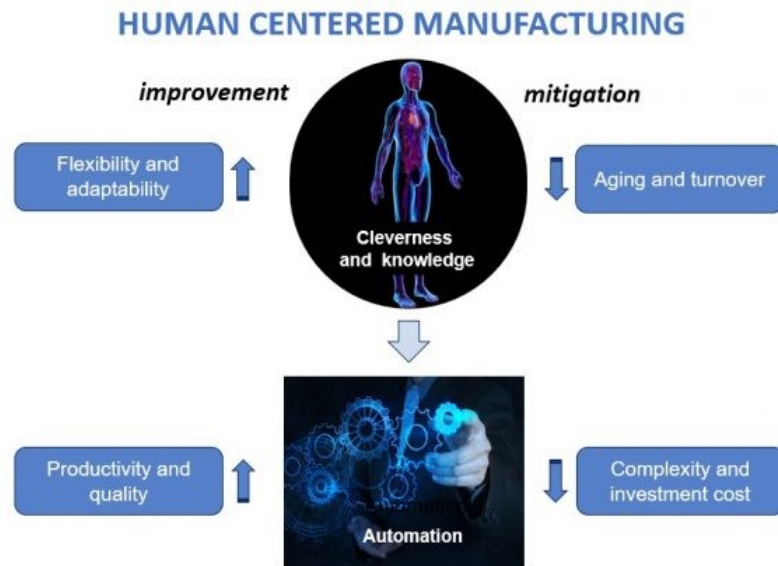


Figura 16: Influenza dello Human Centred Manufacturing sull'uomo e sull'automazione

Allo stesso tempo il lavoratore dovrà essere al passo con i tempi e saper approcciarsi anche in situazioni diverse dalla realtà aziendale, come ad esempio con i fornitori o i distributori dato che anche i rapporti tra produzione e supply chain muteranno in favore di competenze personali e trasversali. Il tutto può essere riassunto con la creazione di un ambiente di lavoro positivo, stimolante, collaborativo e socialmente interattivo. Per fare ciò si sono sviluppate una gran numero di tecnologie che spaziano dalla robotica collaborativa alla possibilità di controllare i dispositivi da remoto, fino all'utilizzo di interfacce grafiche multi-modali e sistemi di sicurezza all'avanguardia che permettano, quindi, la perfetta collaborazione con i nuovi sistemi e con le persone, mettendo quindi al centro la dimensione umana.

Capitolo 2

Metodi e strumenti per l'individuazione e la valutazione del rischio

2.1 Panoramica legislativa

A seguito di quanto precedentemente affermato, è evidente l'importanza che assume il processo legato all'individuazione dei fattori di rischio e alla loro valutazione. È una procedura molto delicata durante la quale devono essere considerati tutti gli aspetti, anche quelli marginali, che potrebbero non essere inerenti al problema trattato ma che potrebbero influenzare il normale svolgimento delle attività e che potrebbero concorrere all'insorgere di disturbi e patologie muscoloscheletrici. Tutti i fattori considerati devono essere presenti all'interno del DVR (Documento di Valutazione dei Rischi) che deve essere redatto in conformità delle direttive del D. Lgs. 81/2008 e s.m.i., art. 28 e seguenti che regolamentano il comportamento da adottare per garantire ai lavoratori un ambiente lavorativo sicuro ed esente da rischi. Sarà compito del datore di lavoro redigere in maniera dettagliata questo strumento effettuando una valutazione globale e dettagliata di tutti i rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori in modo tale che si riescano a pianificare strategie per tutelare le persone. Dal punto di vista legislativo, in Italia, queste attenzioni sono regolamentate dalla Costituzione stessa che permette di unificare le misure che devono essere messe in atto al fine di garantire un ambiente sicuro che tuteli il lavoratore come dichiarato dall'art. 38, il quale sancisce che: *“I lavoratori hanno diritto che siano preveduti ed assicurati mezzi adeguati alle loro esigenze di vita [...]”*. A tal proposito si pronuncia l'art. 2087 del Codice Civile il quale impone al datore di lavoro l'obbligo di attenersi alla massima sicurezza tecnica, organizzativa e procedurale tecnologicamente possibile: *“L'imprenditore è tenuto ad adottare nell'esercizio dell'impresa le misure che, secondo la particolarità del lavoro, l'esperienza e la tecnica, sono necessarie a tutelare l'integrità fisica e la personalità morale dei prestatori di lavoro”*. Sarà, quindi, compito del datore di lavoro adempiere ai propri obblighi adottando le misure necessarie a prevenire i rischi evitando la comparsa di problematiche che porterebbero agli infortuni sul lavoro. Data la grande varietà dei settori lavorativi risulta impossibile dettare delle vere e proprie regole universali che regolino l'ergonomia in ambito aziendale, ma si può fare riferimento alle normative di riferimento “UNI (Italiane), EN (Europee), ISO (Internazionali)” che affronteremo nella sezione successiva. Nell'ambito legislativo il termine ergonomia compare per la prima volta nel D. Lgs. n. 626/94 nell'ambito delle misure generali di tutela della salute e sicurezza dei lavoratori poiché, precedentemente, non vi erano dei vincoli imposti che sostenessero il benessere del lavoratore che interessassero questa disciplina quale parametro fondamentale. Oggi, in Italia la norma fondamentale cui fare riferimento per la tutela della salute e sicurezza dei lavoratori durante il lavoro è il D. Lgs. 81/08 la quale pone l'attenzione sul garantire la salute del lavoratore intesa come “integrità psicofisica”

degli stessi enfatizzando e sponsorizzando la prevenzione dei disturbi psicofisici tramite il rispetto dei principi fondamentali dell'ergonomia. In particolare, l'ergonomia è citata nell'articolo 15, lett. d) del D. Lgs. 81/2008 e che determina *"il rispetto dei principi ergonomici nell'organizzazione del lavoro, nella concezione dei posti di lavoro, nella scelta delle attrezzature e nella definizione dei metodi di lavoro e produzione, in particolare al fine di ridurre gli effetti sulla salute del lavoro monotono e di quello ripetitivi"*. Infine, l'articolo 22, assieme alla "Direttiva macchine" (D. Lgs. 17/2010) stabilisce come le macchine di nuova progettazione o vecchie, le quali subiscono delle modifiche o che vengono riassegnate a diversi ambienti produttivi, debbano rispettare i requisiti di ergonomia e sicurezza stabiliti dalle "norme armonizzate" emanate dalla Comunità Europea, ovvero dal CEN (Comitato Europeo di Normazione).

2.2 Normative di riferimento

Uno dei principali fattori di rischio è la movimentazione manuale dei carichi, infatti, l'operatore potrebbe riscontrare delle criticità a causa della postura da assumere durante tale attività, oppure per colpa del grande peso che caratterizza l'oggetto che deve essere movimentato, o ancora, a causa della ripetitività di un'azione. Per effettuare una corretta analisi ergonomica, quindi, occorre prendere come riferimento la norma ISO 11228 che è articolata in tre parti fondamentali:

- ISO 11228-1: sollevamento e trasporto manuale dei carichi;
- ISO 11228-2: traino e spinta manuale di carichi;
- ISO 11228-3: compiti ripetitivi riguardo la movimentazione di carichi minori ma con una maggior frequenza.

In particolare, quindi, la ISO 11228-1 determina le caratteristiche che devono avere gli oggetti manipolati specificandone il peso limite, o meglio massa limite, raccomandata in funzione dei fattori che concorrono al compimento dell'azione come la geometria del sollevamento, la frequenza di sollevamento, delle condizioni di presa e anche della percentuale e della tipologia di popolazione da proteggere (metodo NIOSH). La ISO 11228-2, invece, tratta dei problemi legati alle attività di spinta e traino manuali andando a definire il peso limite raccomandato (Snook Ciriello). Tale norma propone due approcci differenti allo studio del problema: uno generale ed uno specialistico. Il primo si basa sull'utilizzo di tavole e tabelle sperimentali che rappresentano il metro di giudizio alla base dell'analisi del traino e della spinta dei carichi. Quello specialistico, invece, è ben più complesso rispetto al precedente, ha infatti perso parte della sua utilità pratica, e si basa sull'analisi dei dati demografici ed antropometrici della popolazione in esame. La norma 11228-3, per concludere, si occupa della valutazione del rischio legato alla ripetitività dei movimenti. Il metodo si articola in due fasi: la prima di screening tramite una check-list fornita dalla norma stessa, e la seconda rappresenta una procedura dettagliata che rimanda ai più affermati metodi di valutazione del rischio (ad es. RULA o OCRA). In particolare, quindi, al contrario delle due norme precedenti la 11228-3 si concentra sulla natura ripetitiva delle azioni e non sugli aspetti che rendono tale attività problematica come il peso del carico. In definitiva, la norma 11228 nella sua completezza permette di identificare quelle che sono le posture e le situazioni che possono sfociare in vere e proprie malattie professionali, garantendo quindi la tutela del lavoratore e stabilendo quale sia il limite minimo di ergonomia consentito. Relativamente a questi aspetti, devono essere citate altre due norme di grande rilievo per quanto riguarda l'analisi ergonomica, ovvero, la norma UNI EN 1005:2009 e la ISO 11226:2000.

La prima, “*Safety of machinery – Human physical performance*”, rappresenta l’insieme delle norme tecniche che mirano alla valutazione dei rischi legati alla movimentazione dei carichi. Le sezioni al suo interno si interessano principalmente all’interfaccia uomo-macchina, e quindi tutte le considerazioni riguardo agli aspetti e ai dispositivi di sicurezza. Al suo interno si trovano:

- UNI EN 1005-1: rappresenta l’introduzione alla norma, fornisce i termini e le definizioni relativi ai concetti e ai parametri trattati nelle sezioni seguenti;
- UNI EN 1005-2: si pone come obiettivo quello di specificare tutte le raccomandazioni ergonomiche utili alla progettazione di un macchinario e dei suoi componenti che dovranno essere manipolati dall’operatore, considerando anche tutti i dispositivi collegati ad esso sia in ambito professionale che domestico. Si applica alla movimentazione manuale di componenti e prodotti realizzati dalla macchina di peso inferiore ai 3 kg trasportati per brevi tratti (meno di 2 m). Propone, nello specifico tre metodi differenti di approcciare il problema, ognuno dei quali è articolato in tre fasi:
 - **Fase 1:** si parte determinando il valore di riferimento del peso limite a seconda della popolazione considerata, in modo che si abbiano valori differenti a seconda dell’operatore analizzato, tale fase accomuna tutti e tre i metodi.
 - **Fase 2:** questo step definisce le differenze tra i vari metodi. Il primo è un processo di verifica mediante valori critici, si definiscono degli scenari, che saranno metro di giudizio per il confronto, poi i criteri e i parametri con i quali si va a descrivere la movimentazione del carico e si effettuerà la comparazione. Qualora il primo metodo non sia soddisfacente si passa al secondo, il quale, a seguito della definizione di un valore di riferimento per la massa, prevede la verifica della sussistenza di appositi criteri e, successivamente si procede al calcolo dell’indice di rischio confrontando la massa effettiva e quella raccomandata. Nel caso in cui il risultato continua a non essere quello previsto si procede al terzo metodo che prevede il calcolo dell’indice di rischio mediante una formula, anche in questo caso, dopo aver definito il valore limite raccomandato.
 - **Fase 3:** la terza fase prevede la classificazione dello scenario attuale, a seconda del valore ottenuto dell’indice di rischio, in situazione di rischio non tollerabile ($IR > 1$), rischio significativo ($0,85 < IR < 1$) e rischio tollerabile ($IR < 0,85$).

In particolare, tale norma, cura l'applicazione de metodo di NIOSH che verrà analizzato in seguito nel dettaglio.

- UNI EN 1005-3: contiene argomentazioni perlopiù rivolte al produttore dei macchinari sopra citato, inoltre analizza le questioni in merito ai rischi per la salute dovuti all'impiego di forza muscolare nell'utilizzo di tali dispositivi. In particolare, esprime la massima forza applicabile da un operatore che utilizza un macchinario o nel compiere un'azione ripetuta, a seconda del tipo di attività svolta. Tale norma si articola in due passaggi principali:
 - in prima battuta fornisce il valore massimo della forza applicabile per una determinata azione, ovvero i newton massimi per movimentare, spingere, tirare un oggetto;
 - successivamente si corregge tale valore in base a dei fattori demoltiplicativi che tengono conto della frequenza del compito, della velocità di esecuzione, ecc.
- UNI EN 1005-4: infine, l'ultima sezione, che si presenta come una guida alla progettazione dei macchinari, permette di valutare ed influenzare i rischi legati alle posture e ai movimenti durante le attività svolte in cooperazione con la macchina, ovvero, durante l'assemblaggio, l'installazione, il funzionamento, la messa a punto, la manutenzione, la pulitura, la riparazione, il trasporto e lo smontaggio. Quindi, la norma specifica i requisiti limiti delle posture e dei movimenti che contraddistinguono determinate attività, e analizza i vari distretti articolari come collo, busto, gomito o spalla fornendo gli angoli di posizione all'interno dei quali è possibile lavorare, anche in questo caso tenendo conto dei fattori quali la frequenza o la durata del movimento.

Per quanto riguarda, invece, la ISO 11226:2000 "*Ergonomia – Valutazione delle posture di lavoro statiche*" fornisce le raccomandazioni di tipo ergonomico da rispettare nell'esecuzione di determinate attività precisando a tutti coloro i quali si occupano della progettazione del lavoro o dei prodotti stessi le specifiche che devono essere rispettate in termini di ergonomia, in particolare, le posture che devono essere assunte dalle persone durante l'attività lavorativa. Le precedenti raccomandazioni ergonomiche riguardo i rischi e la protezione della salute si basano principalmente su studi sperimentali riguardanti il carico muscoloscheletrico, il disagio, il dolore, la fatica, la resistenza e l'affaticamento dovuto alle posture statiche. Vengono riportati i valori limiti raccomandati per le posture statiche di lavoro che non richiedano lo sviluppo di una forza, in funzione anche del tempo durante il quale tale posizione deve essere mantenuta, nonché della

ripetitività dell'azione stessa e del tempo di riposo garantito al lavoratore. È evidente quindi come la UNI EN 1005:2009 e la ISO 11226:2000 enfatizzino, in primis, gli aspetti legati alla postura, ma danno grande importanza anche al tempo necessario al per completare un compito, alla ripetitività dello stesso ma anche al mantenimento della posizione assunta, per questo motivo il metodo fortemente consigliato da tali modelli risulta essere l'OCRA, così come era stato certificato per la ISO 11228-3. Infine, ultima ma non meno importante, la norma ISO/TR 12295:2014 "*Ergonomics – Application document for international standards on manual handling (ISO 11228-1, ISO 11228-2 and ISO 11228-3) and evaluation of static working postures (ISO 11226)*", la quale può essere vista come una vera e propria guida all'analisi ergonomica. Infatti, fornisce i criteri per la corretta applicazione delle suddette norme e introduce alcuni valori per i parametri che caratterizzano ciascun fattore di rischio. Si occupa quindi della fase di valutazione delle criticità, ma anche della riprogettazione delle attività che comportano la movimentazione manuale dei carichi o l'assunzione di posture statiche che possono portare, con l'avanzare del tempo, all'insorgere di patologie da carico biomeccanico e disturbi muscoloscheletrici.

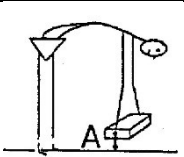
2.3 Il metodo NIOSH

Il metodo NIOSH (*National Institute of Occupational Safety and Health*) permette di valutare il rischio relativo alle azioni che comportano il sollevamento manuale dei carichi. Le equazioni del NIOSH per determinare l'Indice di Sollevamento si basano sull'assunto che esiste un massimo peso sollevabile in condizioni ideali, o Costante di Peso, e che sia possibile valutare tutti gli elementi sfavorevoli (Altezza, Distanza, Rotazione del tronco, ...) che impediscono l'utilizzo di tale peso massimo, ovvero di quelle caratteristiche dell'azione di sollevamento che contribuiscono a far variare il fattore di rischio legato ad uno specifico compito, le quali vengono mostrate in seguito:

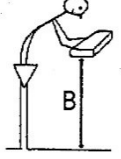
- CP=COSTANTE DI PESO

Costante di peso (Kg)	ETA'	MASCHI	FEMMINE
	>18 ANNI	25	15

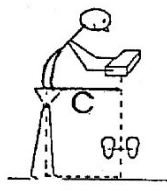
- FA=ALTEZZA DA TERRA DELLE MANI ALL'INIZIO DEL SOLLEVAMENTO (A)

	ALTEZZA (cm)	0	25	50	75	100	125	150	>175
	FATTORE	0,77	0,85	0,93	1,00	0,93	0,85	0,78	0,00

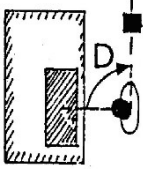
- FB=DISTANZA VERTICALE DI SPOSTAMENTO DEL PESO FRA INIZIO E FINE DEL SOLLEVAMENTO (B)

	DISLOCAZIONE (cm)	25	30	40	50	70	100	170	>175
	FATTORE	1,00	0,97	0,93	0,91	0,88	0,87	0,86	0,00

- FC=DISTANZA ORIZZONTALE TRA LE MANI E IL PUNTO DI MEZZO DELLE CAVIGLIE (DISTANZA MASSIMA RAGGIUNTA DURANTE IL SOLLEVAMENTO) (C)

	DISTANZA (cm)	25	30	40	50	55	60	>63
	FATTORE	1,00	0,83	0,63	0,50	0,45	0,42	0,00

- FD=DISLOCAZIONE ANGOLARE DEL PESO IN GRADI (D)

	DISLOCAZIONE ANGOLARE	0°	30°	60°	90°	120°	135°	>135°
	FATTORE	1,00	0,90	0,81	0,71	0,52	0,57	0,00

- FE=GIUDIZIO SULLA PRESA DI CARICO (E)

GIUDIZIO	BUONO	SCARSO
FATTORE	1,00	0,90

- FF=FREQUENZA DEI GESTI (F)

FREQUENZA	0,20	1	4	6	9	12	>15
CONTINUO <1 ora	1,00	0,94	0,84	0,75	0,52	0,37	0,00
CONTINUO Da 1 a 2 ore	0,95	0,88	0,72	0,50	0,30	0,21	0,00
CONTINUO Da 2 a 8 ore	0,85	0,75	0,45	0,27	0,15	0,00	0,00

Tali fattori negativi rappresentano dei termini demoltiplicativi che contribuiscono a ridurre il peso massimo sollevabile ad un valore che è detto Peso Massimo Raccomandato o Peso Limite Raccomandato o, più brevemente, Peso Raccomandato, e che dovrà essere valutato per ciascuna azione di sollevamento esaminata. Ciascun fattore demoltiplicativo può assumere valori compresi tra 0 ed 1, si potrà valutare, in tal modo, quale debba essere, in ogni compito analizzato, il Peso Raccomandato che l'addetto alla movimentazione potrà sollevare. Il rapporto tra il Peso Effettivamente Sollevato ed il Peso Massimo Raccomandato determina un valore che prende il nome di Indice di Sollevamento (LI, *Lifting Index*):

Calcolo del peso limite raccomandato = CP x FA x FB x FC x FD x FE x FF

$$INDICE DI SOLLEVAMENTO (LI) = \frac{PESO\ EFFETTIVAMENTE\ SOLLEVATO\ (Kg)}{PESO\ LIMITE\ RACCOMANDATO\ (Kg)}$$

Al termine del procedimento è possibile calcolare quindi l'indice di rischio associato a determinate situazioni di carico e valutare la necessità o meno di intervenire al fine di garantire le ottimali condizioni di lavoro.

Classe di Rischio	Interventi
IS>3	Necessita di un immediato intervento di prevenzione
1,25<IS<3	È utile programmare gli interventi identificando le priorità di rischio. Successivamente riverificare l'indice di rischio dopo ogni intervento. Va comunque attivata la sorveglianza sanitaria periodica del personale esposto con periodicità bilanciata in funzione del livello di rischio.
IS>1	Richiede un intervento di prevenzione primaria.
0,86<IS<0,99	La situazione si avvicina ai limiti; è comunque consigliato attivare la formazione e, a discrezione del medico, la sorveglianza sanitaria del personale addetto.
IS<0,85	La situazione è accettabile e non è richiesto alcuno specifico intervento.

Tabella 1: Definizione dell'indice di rischio

2.4 Il metodo Snook Ciriello

Questo particolare metodo permette di effettuare una valutazione accurata delle azioni di spinta e traino manuale dei carichi, aspetti che vengono richiamati dalla norma 11228-2. Alla base del metodo ci sono gli studi condotti da Snook e Ciriello che, utilizzando criteri psicofisici, permettevano di valutare tutti gli aspetti legati a tali attività monitorando la fatica e lo sforzo dei soggetti esaminati e correggevano il peso movimentato o la forza impiegata. Tutte queste informazioni, estratte in maniera sperimentale, sono racchiuse nelle “Tabelle psicofisiche” che forniscono tutte le informazioni che caratterizzano le capacità e le limitazioni che interessano le azioni di spinta, traino e trasporto. Questi dati vengono resi disponibili per qualsiasi tipo di azione, per diversi percentili di “protezione” della popolazione, per entrambi i sessi ma anche in funzione delle caratteristiche interne dell’attività, come la frequenza, la forza esercitata o i valori di riferimento del peso movimentato. Di seguito vengono riportate le tabelle che mostrano i valori limite raccomandati per le azioni di spinta, traino e trasporto nelle quali sono riportate le forze massime iniziali (FI) e di mantenimento (FM), espresse in chilogrammi (Kg), raccomandate per la popolazione lavorativa adulta sana in funzione di:

- Sesso
- Distanza di spostamento
- Frequenza di azione
- Altezza delle mani da terra

Snook e Ciriello - AZIONI DI SPINTA - POPOLAZIONE MASCHILE																							
DISTANZA	2 metri						7,5 metri						15 metri						60 metri				
Azione ogni:	6s	12s	1m	5m	30m	8h	15s	22s	1m	5m	30m	8h	25s	35s	1m	5m	30m	8h	2m	5m	30m	8h	
Altezza delle mani																							
145cm	FI	20	22	25	26	26	31	14	16	21	22	22	26	16	18	19	20	21	25	12	14	14	18
	FM	10	13	15	18	18	22	8	9	13	15	16	18	8	9	11	13	14	16	7	8	9	11
95cm	FI	21	24	26	28	28	34	16	18	23	25	25	30	18	21	22	23	24	28	14	16	16	20
	FM	10	13	16	19	19	23	8	10	13	15	15	18	8	10	11	13	13	16	7	8	9	11
65cm	FI	19	22	24	25	26	31	13	14	20	21	21	26	15	17	19	20	20	24	12	14	14	17
	FM	10	13	16	18	19	23	8	10	12	14	15	18	8	10	11	12	13	15	7	8	9	10

Snook e Ciriello - AZIONI DI SPINTA - POPOLAZIONE FEMMINILE																							
DISTANZA	2 metri						7,5 metri						15 metri						60 metri				
Azione ogni:	6s	12s	1m	5m	30m	8h	15s	22s	1m	5m	30m	8h	25s	35s	1m	5m	30m	8h	2m	5m	30m	8h	
Altezza delle mani																							
145cm	FI	14	15	17	20	21	22	15	16	16	18	19	20	12	14	14	15	16	17	12	13	14	15
	FM	6	8	10	11	12	14	6	7	7	8	9	11	5	6	6	7	7	9	4	4	4	6
95cm	FI	14	15	17	20	21	22	14	15	16	19	19	21	11	13	14	16	16	17	12	13	14	16
	FM	6	7	9	10	11	13	6	7	8	9	9	11	5	6	6	7	8	10	4	4	5	6
65cm	FI	11	12	14	16	17	16	11	12	14	16	16	17	9	11	12	13	14	15	10	11	12	13
	FM	5	6	8	9	9	12	6	7	7	8	9	11	5	6	6	7	7	9	4	4	4	6

Snook e Ciriello - AZIONI DI TRAINO - POPOLAZIONE MASCHILE																							
DISTANZA	2 metri						7,5 metri						15 metri						60 metri				
Azione ogni:	6s	12s	1m	5m	30m	8h	15s	22s	1m	5m	30m	8h	25s	35s	1m	5m	30m	8h	2m	5m	30m	8h	
Altezza delle mani																							
135cm	FI	14	16	18	19	19	23	11	13	16	17	18	21	13	15	15	16	17	20	10	11	11	14
	FM	8	10	12	15	15	16	6	8	10	12	12	15	7	8	9	10	11	13	6	6	7	9
90cm	FI	19	22	25	27	27	32	15	18	23	24	24	29	18	20	21	23	23	28	13	18	16	19
	FM	10	13	16	19	20	24	6	10	13	16	16	19	9	10	12	14	14	17	7	9	10	12
60cm	FI	22	25	28	30	30	36	18	20	26	27	28	33	20	23	24	26	26	31	15	18	18	22
	FM	11	14	17	20	21	25	9	11	14	17	17	20	9	11	12	15	15	18	8	9	10	12

Snook e Ciriello - AZIONI DI TRAINO - POPOLAZIONE FEMMINILE																							
DISTANZA	2 metri						7,5 metri						15 metri						60 metri				
Azione ogni:	6s	12s	1m	5m	30m	8h	15s	22s	1m	5m	30m	8h	25s	35s	1m	5m	30m	8h	2m	5m	30m	8h	
Altezza delle mani																							
135cm	FI	13	16	17	20	21	22	13	14	16	18	19	20	10	12	13	15	16	17	12	13	14	15
	FM	6	9	10	11	12	15	7	8	9	10	11	13	6	7	7	8	9	11	5	5	5	7
90cm	FI	14	16	18	21	22	23	14	15	15	19	20	21	10	12	14	16	17	18	12	13	14	16
	FM	6	9	10	11	12	14	7	8	9	10	10	13	5	6	7	8	9	11	5	5	5	7
60cm	FI	15	17	19	22	23	24	15	16	17	20	21	22	11	13	15	17	18	19	13	14	15	17
	FM	5	8	9	10	11	13	6	7	8	9	10	12	5	6	7	7	8	10	4	5	5	6

Snook e Ciriello - AZIONI DI TRASPORTO IN PIANO - POPOLAZIONE MASCHILE																		
DISTANZA	2 metri						7,5 metri						15 metri					
Azione ogni:	6s	12s	1m	5m	30m	8h	15s	22s	1m	5m	30m	8h	25s	35s	1m	5m	30m	8h
Altezza delle mani																		
110cm	10	14	17	19	21	25	9	11	15	17	19	22	10	11	13	15	17	20
80cm	13	17	21	23	26	31	11	14	18	21	23	27	13	15	17	20	22	26

Snook e Ciriello - AZIONI DI TRASPORTO IN PIANO - POPOLAZIONE FEMMINILE																		
DISTANZA	2 metri						7,5 metri						15 metri					
Azione ogni:	6s	12s	1m	5m	30m	8h	15s	22s	1m	5m	30m	8h	25s	35s	1m	5m	30m	8h
Altezza delle mani																		
110cm	11	12	13	13	13	18	9	10	13	13	13	18	10	11	12	12	12	16
80cm	13	14	16	16	16	22	10	11	14	14	14	20	12	12	14	14	14	19

Tabella 2: Valori limite per il metodo Snook-Ciriello

Dopo aver individuato i dati che più si avvicinano alla situazione reale della quale deve essere effettuata la valutazione, osservare se ad essere analizzata è la popolazione maschile o femminile, determinare il valore raccomandato di peso o forza e confrontarlo con quello effettivamente sviluppato, che deve essere valutato minuziosamente grazie all'ausilio di strumenti affidabili come dinamometri applicati alle reali situazioni lavorative, e calcolarne il rapporto mettendo quest'ultima al denominatore e il valore raccomandato al numeratore. Si ottiene quindi un valore che identifica il valore di rischio sulla base dell'analisi effettuata che prende il nome di Indice Sintetico di Rischio.

Snook e Ciriello – Valutazione del rischio	
L'indice sintetico di rischio è 0,75 (ravvisabile come area verde)	La situazione è accettabile e non è richiesto alcuno specifico intervento
L'indice sintetico di rischio è compreso tra 0,76 e 1,25 (ravvisabile come area gialla)	La situazione si avvicina ai limiti, una quota della popolazione (stimabile tra l'11% e il 20% di ciascun sottogruppo di sesso ed età) può essere non protetta e pertanto occorrono cautele, anche se non è necessario un intervento immediato. È comunque consigliato attivare la formazione e la sorveglianza sanitaria del personale addetto. Laddove ciò sia possibile, è preferibile procedere a ridurre ulteriormente il rischio con interventi strutturali ed organizzativi per rientrare nell'area verde.
L'indice sintetico di rischio è > 1,25 (ravvisabile come area rossa)	La situazione può comportare un rischio per quote rilevanti di soggetti e pertanto richiede un intervento di prevenzione primaria. Il rischio è tanto più elevato quanto maggiore è l'indice e con tale criterio dovrebbe essere programmata la priorità degli interventi di bonifica
L'indice sintetico di rischio è maggiore di 3 (ravvisabile come area viola)	Per situazioni con indice maggiore di 3 vi è necessità di un intervento immediato di prevenzione; l'intervento è comunque necessario e non a lungo procrastinabile anche con indici compresi tra 1,25 e 3

Tabella 3: Definizione del rischio per il metodo Snook-Ciriello


2.5 Il Metodo RULA

Il metodo RULA (Rapid Upper Limb Assessment) è uno strumento di ergonomia standard per valutare l'esposizione dei lavoratori a fattori di rischio che possono generare traumi negli arti superiori del corpo (posture, movimenti ripetitivi, forze applicate e attività statiche del sistema muscolo scheletrico) come riportato dalla normativa 11228-3. L'analisi RULA viene utilizzata principalmente per operazioni di manipolazione di oggetti tramite l'analisi delle posture adottate dal collo, dal busto e degli arti registrando i valori ottenuti dalla valutazione in un foglio particolare che permette di determinare l'indice di rischio e la gravità della situazione in cui ci si trova. Adesso verrà analizzato il template da compilare per capire gli aspetti che interessano questa tipologia di analisi, in particolare nella parte superiore del foglio andiamo ad inserire l'azienda per la quale si conduce l'analisi e si determina il lato che si intende analizzare dato che la postura potrebbe risultare asimmetrica e questo rappresenterebbe un problema per l'operatore.

Rapid Upper Limb Assessment

A. Arm and Wrist Analysis

Step 1. Locate Upper Arm Position




Step 1a: Adjust...
If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: -1

Upper Arm Score

Left Right

Step 2. Locate Lower Arm Position:




Step 2a: Adjust...
If either arm is working across midline or out to side of body: +1

Lower Arm Score

Left Right

Step 3. Locate Wrist Position:



Step 3a: Adjust...
If wrist is bent from midline: Add +1

Wrist Score

Left Right

Step 4. Wrist Twist:

Wrist Twist Score

Left Right

Step 5. Look-up Posture Score in Table A:
Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A

Left Right

Step 6. Add Muscle Use Score
If posture mainly static (i.e. held >10 minutes),
Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Force / Load Score

Left Right

Step 7. Add Force/Load Score
If load < 2 kg (intermittent): -0
If load 2 to 10 kg (intermittent): +1
If load 2 to 10 kg (static or repeated): +2
If more than 10 kg or repeated or shocks: +3

Wrist & Arm Score

Left Right

Step 8. Find Row in Table C
Add values from steps 5-7 to obtain
Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

Evaluator: _____
Date: _____
Shift: _____

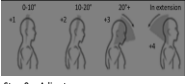
Company: _____
Workstation / Task: _____
Worker: _____

Table A		Wrist Score							
		1		2		3		4	
Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist	Wrist	Wrist	Wrist	Wrist	Wrist	Wrist
1	2	2	2	2	2	3	3	3	3
2	3	3	3	3	3	4	4	4	4
3	4	4	4	4	4	5	5	5	5
4	5	5	5	5	5	6	6	6	6
5	6	6	6	6	6	7	7	7	7
6	7	7	7	7	7	8	8	8	8
7	8	8	8	8	8	9	9	9	9
8	9	9	9	9	9	9	9	9	9

Neck, Trunk, Leg Score

Table B		Trunk Posture Score											
		1		2		3		4		5		6	
Posture Score	Legs	Legs		Legs		Legs		Legs		Legs			
		1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7	
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	
4	4	4	4	5	5	6	6	7	7	7	8	8	
5	5	5	5	6	6	7	7	8	8	8	8	8	
6	6	6	6	7	7	8	8	8	8	9	9	9	

Step 9. Locate Neck Position:




Step 9a: Adjust...
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Neck Score

Left Right

Step 10. Locate Trunk Position:



Step 10a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Trunk Score

Left Right

Step 11. Legs:
If legs and feet are supported: +1
If not: +2

Leg Score

Left Right

Step 12. Look-up Posture Score in Table B:
Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B

Posture Score B

Left Right

Step 13. Add Muscle Use Score
If posture mainly static (i.e. held >10 minutes),
Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Muscle Use Score

Left Right

Step 14. Add Force/Load Score
If load < 2 kg (intermittent): -0
If load 2 to 10 kg (intermittent): +1
If load 2 to 10 kg (static or repeated): +2
If more than 10 kg or repeated or shocks: +3

Force / Load Score

Left Right

Step 15. Find Column in Table C
Add values from steps 12-14 to obtain
Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

Neck, Trunk and Leg Score

Left Right

RULA Score

Left Right

Scoring: (final score from Table C)
1-2 Acceptable posture
3-4 Further investigation, change may be needed
5-6 Further investigation, change soon
7 Investigate and implement change

Figura 17: Template RULA

Nella sezione “A – Arm and Wrist Analysis” si analizzano le posture di braccia e polsi valutando tutti gli aspetti quali inclinazione degli arti, abduzione o adduzione degli stessi, poiché andranno ad inficiare sulla valutazione finale e necessitano quindi di particolare attenzione, anche piccoli angoli possono caratterizzare una peggior situazione di rischio.

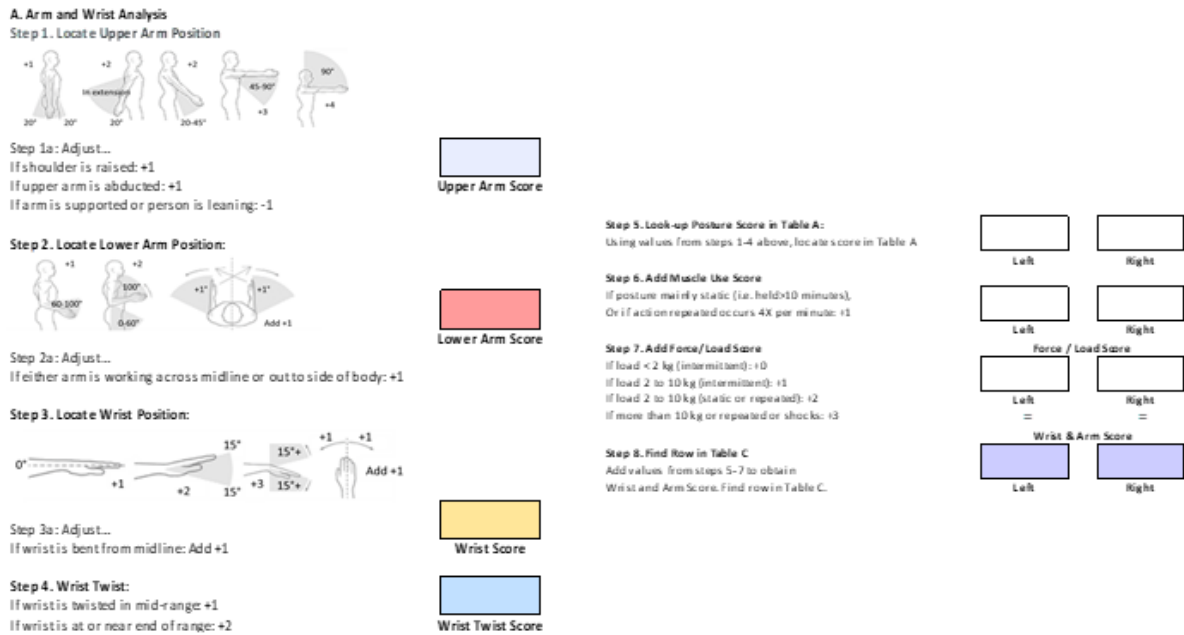


Figura 18: Sezione relativa all'analisi degli arti superiori

Si può, inoltre, osservare come debbano essere considerati anche gli aspetti legati alla ripetitività del compito, della possibilità di movimentare un carico che può variare da un valore inferiore ai 2 Kg fino a oggetti con peso maggiore di 10 Kg.

Dopo aver compilato le caselle con i valori che sono stati osservati, seguendo le istruzioni riportate sul worksheet, è possibile calcolare il punteggio finale della postura relativa agli arti superiori incrociando i valori ottenuti nella tabella A.

Table A		Wrist Score							
		1		2		3		4	
Upper Arm	Lower Arm	Wrist		Wrist		Wrist		Wrist	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	6	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	8	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Tabella 4: Tabella A per il calcolo del punteggio finale

Successivamente si passa all'analisi della sezione "B – Neck, trunk and Leg Analysis" in cui si vanno a caratterizzare le peculiarità del collo, del busto e delle gambe stesse che hanno un ruolo fondamentale soprattutto nel caso in cui avvenga sollevamento dei carichi che possono portare ad eventuali asimmetrie e carichi biomeccanici importanti.

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9. Locate Neck Position:



Step 9a. Adjust...
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Neck Score

Step 10. Locate Trunk Position:



Step 10a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Trunk Score

Step 11. Legs:
If legs and feet are supported: +1
If not: +2

Leg Score

Step 12. Look-up Posture Score in Table B:

Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B

Posture Score B

Step 13. Add Muscle Use Score

If posture mainly static (i.e. held > 10 minutes),
Or if a action repeated occurs 4X per minute: +1

Muscle Use Score

Step 14. Add Force/Load Score

If load < 2 kg (intermittent): +0
If load 2 to 10 kg (intermittent): +1
If load 2 to 10 kg (static or repeated): +2
If more than 10 kg or repeated or shocks: +3

Force / Load Score

Step 15. Find Column in Table C

Add values from steps 12-14 to obtain
Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

Neck, Trunk and Leg Score

Figura 19: Sezione dedicata all'analisi del tronco e degli arti inferiori

Anche in questo caso vanno fatte le medesime valutazioni della sezione precedente nel caso di squilibri di carico che, in tal caso, agiranno però sugli arti inferiori o sul tronco modificando l'indice di rischio finale e permettendo una più precisa e dettagliata caratterizzazione dell'evento. Quindi come nel caso precedente si vanno ad incrociare i valori ottenuti nella Tabella 2 determinando quindi il punteggio finale.

Table B	Trunk Posture Score											
	1		2		3		4		5		6	
Neck Posture	Legs		Legs		Legs		Legs		Legs		Legs	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

Tabella 5: Tabella B per il calcolo del punteggio finale

Dopo aver minuziosamente valutato le posture e i fattori precedentemente citati si perviene alla determinazione di un valore finale che è direttamente proporzionale all'entità del rischio legato alla realizzazione dell'attività, in modo che sia facilmente intuibile come a valori alti del punteggio finale coincida una maggiore probabilità di comparsa di disturbi muscoloscheletrici. Tale valore si ottiene andando ad incrociare gli score ottenuti in entrambe le sezioni nella Tabella C, e a seconda del valore ottenuto, appunto, si valuta o meno l'esigenza di interventi più o meno marcati.

Table C		Neck, Trunk, Leg Score						
		1	2	3	4	5	6	7+
Wrist/Arm Score	1	1	2	3	3	4	5	5
	2	2	2	3	4	4	5	5
	3	3	3	3	4	4	5	6
	4	3	3	3	4	5	6	6
	5	4	4	4	5	6	7	7
	6	4	4	5	6	6	7	7
	7	5	5	6	6	7	7	7
	8+	5	5	6	7	7	7	7

Tabella 6: Tabella C per il calcolo incrociato dello score finale

Scoring: (final score from Table C)
 1-2 Acceptable posture
 3-4 Further investigation, change may be needed
 5-6 Further investigation, change soon
 7 Investigate and implement change

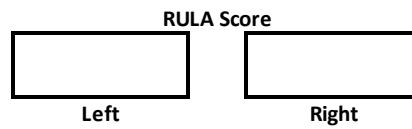


Figura 20: Caratterizzazione del rischio e punteggi finali

Ad ogni valore corrisponderà quindi un certo livello d'azione, che manifesta la necessità di intervenire in un tempo relativamente breve o meno.

Livello di azione	Azione
Livello di azione 1	Il punteggio finale 1 o 2 indica che la postura assunta è accettabile se non è mantenuta o ripetuta per lunghi periodi.
Livello di azione 2	Il punteggio finale 3 o 4 indica che sono necessarie ulteriori osservazioni e che sono richieste delle modifiche.
Livello di azione 3	Il punteggio finale 5 o 6 indica che sono necessarie indagini e modifiche repentine.
Livello di azione 4	Il punteggio finale 7 indica la necessità di indagini e modifiche immediate.

Tabella 7: Definizione del rischio per il metodo RULA

2.6 Il metodo OCRA

Il metodo OCRA (Occupational Repetitive Actions Index) è un procedimento molto ampio che permette l'indagine dei rischi legati ai movimenti ripetitivi previsti dal D. Lgs. 81/08 e descritti dalla norma 11228-3, e viene considerato come criterio preferito nelle analisi di questo tipo. Data la vastità delle indagini che possono essere effettuate possiamo riconoscere tre elementi principali all'interno del metodo:

METODOLOGIA	Elementi principali
OCRA INDEX	Metodo dettagliato che considera i seguenti fattori di rischio: frequenza di azioni tecniche, ripetitività, posture incongrue, forza, fattori complementari, mancanza di periodi di recupero, durata dei compiti.
Check-List OCRA	Metodo semi-dettagliato che considera, in modo semplificato, gli stessi fattori di rischio dell'indice OCRA. Il livello di esposizione è classificato nel sistema a tre zone. Applicabile anche ai lavori ripetitivi multi-compito.
Check-List OCRA per minuto campione	In questo caso la fase analizzata è il minuto rappresentativo di utilizzo di uno strumento o attrezzatura; è particolarmente utile e snello per attività manutentive o comunque di lunga durata (saldatore, cuoco, ecc.)

Tabella 8: Definizione del metodo OCRA

La metodologia descritta dal D. Lgs. 81/08 e dalla normativa 11228-3 prevede che vi siano due livelli di analisi: il primo garantito dalla Check-List OCRA che permette di determinare l'appartenenza ad una determinata fascia di rischio, nel momento in cui le attività appartengono alle fasce gialle o rosse è necessaria la valutazione di secondo grado tramite la determinazione dell'OCRA INDEX.

I fattori presi in considerazione dal metodo sono vari e tutti allo stesso modo importanti, tra questi si trovano:

- La frequenza e la ripetitività dei gesti lavorativi
- La necessità di un uso eccessivo della forza manuale
- La necessità di operare in posizioni scorrette per gli arti superiori
- Presenza di fattori complementari di rischio
- Carezza di adeguati tempi di recupero

In particolare, in questa trattazione, è stata applicata la check-list OCRA che andremo a descrivere subito dopo aver specificato il motivo per cui viene utilizzato questo criterio. In prima istanza la check-list viene utilizzata per analizzare una postazione di lavoro e stimare il rischio di esposizione a cui è sottoposto l'operatore come se la postazione fosse l'unica utilizzata per l'intero turno da un solo lavoratore. La prima parte del documento associato a tale metodologia fornisce le informazioni riguardo al posto di lavoro e delle attività che verranno prese in esame, se queste saranno cicliche o ripetitive, anche se a ciclo lungo, in quanto caratterizzate da azioni tecniche che si ripetono per più della metà del tempo di lavorazione considerato. Si deve anche indicare:

- La presenza o meno di altre postazioni di lavoro identiche o simili a quella analizzata e quante siano in modo che si possa procedere per similitudine ottimizzando tempo e costi.
- Il numero di turni sul quale è suddiviso il periodo lavorativo.
- Il numero complessivo dei lavoratori e il loro sesso che operano nella stazione o simili.
- La percentuale effettiva di tempo reale che richiede l'utilizzo della postazione all'interno del turno lavorativo.

Si deve quindi stimare in maniera accurata la durata effettiva dei compiti ripetitivi andando a sottrarre al "tempo lordo" di turno i seguenti tempi:

- le pause
- la durata della pausa mensa
- i tempi dedicati a lavori non ripetitivi

É importante, al fine di avere una stima precisa del tempo netto di attività ripetitive, considerare poi altri fattori quali:

- l'effettivo tempo di inizio di lavoro della postazione considerata, al netto del tempo impiegato dall'operatore per raggiungerla, del tempo di avvio macchina...
- il numero e la durata delle pause fisiologiche o di pause di altra natura che vengono effettuate dal lavoratore
- l'orario reale di allontanamento dell'operatore dalla postazione considerando, ad esempio, il tempo impiegato per raggiungere lo spogliatoio o la mensa

Dopo aver considerato tutti questi fattori è possibile a calcolare il tempo netto di ciclo facendo riferimento al numero di pezzi che il lavoratore deve completare:

(TEMPO NETTO DI LAVORO RIPETITIVO in min. x 60) / N. PEZZI o N. CICLI

<ul style="list-style-type: none">• DENOMINAZIONE E BREVE DESCRIZIONE DEL POSTO DI LAVORO <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>-quanti posti di lavoro sono presenti identici a quello descritto e quanti posti siano, anche se non identici, molto simili tali da poter essere assimilati a quello analizzato.....</p> <p>-su quanti turni è utilizzato il posto/i di lavoro.....</p> <p>-quanti lavoratori in totale (considerando il numero di postazioni identiche o molto simili e i turni di lavoro) e di che sesso (n.maschi e n. femmine) operano sul posto di lavoro analizzato.....</p> <p>-% di tempo di reale utilizzo del posto di lavoro in un turno di lavoro. Può infatti succedere che una postazione sia utilizzata solo parzialmente in un turno di lavoro</p>

Figura 21: Sezione dedicata alla descrizione dell'attività svolta

Successivamente devono essere considerati gli effettivi tempi di recupero, questi possono essere considerati:

- le pause di lavoro, ufficiali e non, compresa la pausa pranzo
- i periodi durante i quali vengono svolti compiti che potrebbero comportare il sostanziale riposo dei gruppi muscolari impegnati nell'attività analizzata
- periodi che comportano il completo riposo dei gruppi muscolari interessati, che, per essere considerati, devono avere una durata superiore ad almeno 10 secondi consecutivi per minuto ed essere ripetitivi con il lavoro in rapporto 5:1 fra lavoro e recupero.

Per la determinazione di questi aspetti vengono utilizzati scenari differenti in modo tale da individuare quello più simile a caso di studio, ad ogni scenario corrisponde un numero, il quale può essere utilizzato direttamente o anche intervalli intermedi dello stesso se rappresentano meglio la soluzione reale:

• MODALITA' DI INTERRUZIONE DEL LAVORO A CICLI CON PAUSE O CON ALTRI LAVORI DI CONTROLLO VISIVO
scegliere una sola risposta: è possibile scegliere valori intermedi.

0 - esiste una interruzione di almeno 8/10 min. ogni ora (contare la mensa); oppure il tempo di recupero è interno al ciclo .

2 - esistono due interruzioni al mattino e due al pomeriggio (oltre alla pausa mensa) di almeno 8-10 minuti in turno di 7-8 ore o comunque 4 interruzioni oltre la pausa mensa in turno di 7-8 ore; o 4 interruzioni di 8-10 minuti in turno di 6 ore.

3 - esistono 2 pause di almeno 8-10 minuti l'una in turno di 6 ore circa (senza pausa mensa); oppure 3 pause oltre la pausa mensa in turno di 7-8 ore.

4 - esistono 2 interruzioni oltre alla pausa mensa di almeno 8-10 minuti in turno di 7-8 ore (o 3 interruzioni senza mensa); oppure in turno di 6 ore, una pausa di almeno 8-10 minuti.

6 - in un turno di 7 ore circa senza pausa mensa e' presente una sola pausa di almeno 10 minuti; oppure in un turno di 8 ore e' presente solo la pausa mensa (mensa anche non conteggiata nell'orario di lavoro).

10 - non esistono di fatto interruzioni se non di pochi minuti (meno di 5) in turno di 7-8 ore.

Ora inizio Ora fine

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Indicare la durata del turno in minuti..... e disegnare la distribuzione delle pause nel turno

RECUPERO

Figura 22: Sezione dedicata alla definizione delle pause

Per definire la frequenza, come detto in precedenza, è preferibile contare le azioni tecniche¹¹ e riferirle all'unità di tempo. Nella Check-List OCRA per caratterizzare la frequenza vengono utilizzati due blocchi differenti, uno per le azioni dinamiche e l'altro per quelle statiche. Nel primo vengono proposti sette scenari contraddistinti da un valore numerico, vengono anche indicate delle frequenze d'azione al minuto di riferimento che permettono di individuare lo scenario più rappresentativo. Si va quindi, muniti di cronometro, a calcolare la frequenza di azioni nell'unità di tempo conteggiando il tempo di ciclo e la quantità di azioni tecniche nello stesso, valutando la possibilità dell'operatore di poter fare delle pause durante il ciclo di lavoro. Nel caso in cui la frequenza fosse particolarmente bassa, l'attività potrà essere considerata statica facendo riferimento però al secondo blocco. Al termine del procedimento si determina un valore numerico da inserire nell'apposito spazio.

• **L'ATTIVITA' DELLE BRACCIA E LA FREQUENZA DI AZIONE NELLO SVOLGERE I CICLI**
E' prevista una sola risposta per i due blocchi (AZIONI DINAMICHE o AZIONI STATICHE) e prevale il punteggio più alto; è possibile scegliere valori intermedi. Descrivere l'arto dominante: citare se il lavoro è simmetrico. Può essere talora necessario descrivere entrambi gli arti: in questo caso utilizzare la due caselle, una per il destro e una per il sinistro.

AZIONI TECNICHE DINAMICHE

0 - i movimenti delle braccia sono lenti con possibilità di frequenti interruzioni (20 azioni/minuto);

1 - i movimenti delle braccia non sono troppo veloci (30 az/min o un'azione ogni 2 secondi) con possibilità di brevi interruzioni;

3 - i movimenti delle braccia sono più rapidi (circa 40 az/min) ma con possibilità di brevi interruzioni;

4 - i movimenti delle braccia sono abbastanza rapidi (circa 40 az/min), la possibilità di interruzioni è più scarsa e non regolare;

6 - i movimenti delle braccia sono rapidi e costanti (circa 50 az/min) sono possibili solo occasionali e brevi pause;

8 - i movimenti delle braccia sono molto rapidi e costanti. la carenza di interruzioni rende difficile tenere il ritmo (60 az/min);

10 - frequenze elevatissime (70 e oltre al minuto), non sono possibili interruzioni;

AZIONI TECNICHE STATICHE

2,5 - è mantenuto un oggetto in presa statica per una durata di almeno 5sec., che occupa 2/3 del tempo ciclo o del periodo di osservazione;

4,5 - è mantenuto un oggetto in presa statica per una durata di almeno 5sec., che occupa 3/3 del tempo ciclo o del periodo di osservazione.

	dx	sx
numero azioni tecniche conteggiate nel ciclo		
frequenza di azione al minuto		
presenza di possibilità di brevi interruzioni		

DX **SX**

FREQUENZA

Figura 23: Sezione dedicata all'utilizzo degli arti superiori

¹¹ Azione comportante attività artro-muscolo-tendinea degli arti superiori: non deve essere considerata il singolo movimento articolare di un unico elemento quali mano, polso, spalla, gomito ma con l'insieme di movimenti di uno o più segmenti articolari che consentano un'azione lavorativa semplice.

Successivamente si passa alla quantificazione della forza impiegata nello svolgimento dell'attività, per farlo si può ricorrere all'intervista dei lavoratori riguardo allo sforzo muscolare necessario cui sono sottoposti. I risultati, poi, vengono affiancati alla scala utilizzata per la caratterizzazione dello sforzo, ovvero la scala *Borg CR-10*, la quale permette di tradurre in valori numerici elementi molto soggettivi quali la fatica e lo sforzo. Nel caso di forza "intensa quasi massimale" si assumerà un valore pari a 8 nella scala, mentre nel caso in cui avessi una forza "forte" i valori sarebbero di 5,6 e 7, mentre per forza "moderata" verranno assunti valori pari a 3 e 4 della scala Borg. Sulla base di questi termini è possibile calcolare il punteggio nella Checklist a seconda della tipologia di sforzo, i quali vanno da 0,5 per forze "lievi" fino ad un massimo di 32 per sforzi "intensi quasi massimali".

• **PRESENZA DI ATTIVITA' LAVORATIVE CON USO RIPETUTO DI FORZA DELLE MANI/BRACCIA (ALMENO UNA VOLTA OGNI POCHI CICLI DURANTE TUTTA L'OPERAZIONE O COMPITO ANALIZZATO) :** SI NO

Possono essere barrate più risposte: sommare i punteggi parziali ottenuti. Scegliere se necessario anche più punteggi intermedi e sommarli (descrivere l'arto più interessato, lo stesso di cui si descriverà la postura). Può essere talora necessario descrivere entrambi gli arti: in questo caso utilizzare la due caselle, una per il destro e una per il sinistro

SE SI:

L'ATTIVITA' LAVORATIVA COMPORTA USO DI FORZA INTENSA O QUASI MASSIMALE
(punt. di 8 e oltre della scala di Borg) NEL:

<input type="checkbox"/> tirare o spingere leve	<input type="checkbox"/> 6 2 secondi ogni 10 minuti
<input type="checkbox"/> schiacciare pulsanti	<input type="checkbox"/> 12 1 % del tempo
<input type="checkbox"/> chiudere o aprire	<input type="checkbox"/> 24 5 % del tempo
<input type="checkbox"/> premere o maneggiare componenti	<input type="checkbox"/> 32 OLTRE IL 10% DEL TEMPO (*)
<input type="checkbox"/> uso attrezzi	
<input type="checkbox"/> si usa il peso del corpo per compiere una azione lavorativa	
<input type="checkbox"/> vengono maneggiati o sollevati oggetti	

L'ATTIVITA' LAVORATIVA COMPORTA USO DI FORZA FORTE (punt. 5-6-7 della scala di Borg) NEL:

<input type="checkbox"/> tirare o spingere leve	<input type="checkbox"/> 4 2 secondi ogni 10 minuti
<input type="checkbox"/> schiacciare pulsanti	<input type="checkbox"/> 8 1 % del tempo
<input type="checkbox"/> chiudere o aprire	<input type="checkbox"/> 16 5 % del tempo
<input type="checkbox"/> premere o maneggiare componenti	<input type="checkbox"/> 24 OLTRE IL 10% DEL TEMPO (*)
<input type="checkbox"/> uso attrezzi	
<input type="checkbox"/> vengono maneggiati o sollevati oggetti	

L'ATTIVITA' LAVORATIVA COMPORTA USO DI FORZA DI GRADO MODERATO (punt. 3-4 della scala di Borg) NEL:

<input type="checkbox"/> TIRARE O SPINGERE LEVE	<input type="checkbox"/> 2 1/3 DEL TEMPO
<input type="checkbox"/> SCHIACCIARE PULSANTI	<input type="checkbox"/> 4 CIRCA META' DEL TEMPO
<input type="checkbox"/> CHIUDERE O APRIRE	<input type="checkbox"/> 6 PIU' DELLA META' DEL TEMPO
<input type="checkbox"/> PREMERE O MANEGGIARE COMPONENTI	<input type="checkbox"/> 8 PRESSOCHE' TUTTO IL TEMPO
<input type="checkbox"/> USO ATTREZZI	
<input type="checkbox"/> vengono maneggiati o sollevati oggetti	

(*) N.B.: Le due condizioni segnalate non possono essere ritenute accettabili.

FORZA DX SX

Figura 24: Sezione dedicata alla forza sviluppata durante l'attività

Il passaggio successivo è l'analisi delle posture assunte durante l'attività, in particolare, tramite la Check-List OCRA, si ha la possibilità, in seguito a tale analisi, di determinare quali siano le possibili patologie che potrebbero insorgere agli arti superiori dell'operatore. In questa valutazione devono essere considerate solo le posture incongrue¹² o movimenti estremi. Questa fase prevede tre momenti operativi:

- analizzare le posture incongrue considerando separatamente le varie articolazioni e i due lati (destra e sinistra) del corpo umano.
- Temporizzazione del fenomeno all'interno del ciclo, durata dell'azione all'interno del periodo considerato.
- Presenza di eventuali stereotipie e, quindi, se siano presenti comportamenti non idonei che vengono mantenuti nel tempo. Tale aspetto può riguardare sì le posture, ma anche eventuali attività che non impongano posizioni incongrue.

Dopo aver compilato i blocchi A-B-C-D riferiti a questi parametri, che verranno riportati in seguito, si ottiene il punteggio finale che determinerà un ruolo fondamentale all'interno del fattore di rischio.

¹² In tale metodo è definita incongrua una postura o un movimento laddove l'articolazione opera in area superiore al 50% della sua escursione angolare.

• **PRESENZA DI POSTURE INADEGUATE DELLE BRACCIA DURANTE LO SVOLGIMENTO DEL COMPITO RIPETITIVO**
 DESTRO; SINISTRO ENTRAMBI (descrivere il più interessato o entrambi se necessario)

A) SPALLA DX SX

 flessione 	 abduzione 	 estensione 	
------------------------	------------------------	-------------------------	--

1 - il braccio/le braccia non sono appoggiate sul piano di lavoro ma sono sollevate di poco per più di metà del tempo
2 - le braccia sono mantenute senza appoggio quasi ad altezza spalle (o in altre posture estreme) per circa il 10% del tempo
6 - le braccia sono mantenute senza appoggio quasi ad altezza spalle (o in altre posture estreme) per circa 1/3 del tempo
12 - le braccia sono mantenute senza appoggio quasi ad altezza spalle (o in altre posture estreme) per più della metà del tempo
24 - le braccia sono mantenute senza appoggio quasi ad altezza spalle (o in altre posture estreme) circa per tutto il tempo
NB= SE LE MANI OPERANO SOPRA L'ALTEZZA DEL CAPO, RADDOPPIARE I VALORI.

B) GOMITO DX SX

 Estensione-flessione 	 Prono-supinazione 	2 il gomito deve eseguire ampi movimenti di flesso-estensioni o prono-supinazioni, per circa 1/3 del tempo. 4 il gomito deve eseguire ampi movimenti di flesso-estensioni o prono-supinazioni, per più di metà del tempo. 8 il gomito deve eseguire ampi movimenti di flesso-estensioni o prono-supinazioni, per circa tutto il tempo
-----------------------------------	--------------------------------	---

C) POLSO DX SX

 Estensione-flessione 	 Dev. radio-ulnare 	2 - il polso deve fare piegamenti estremi o assumere posizioni fastidiose (ampie flessioni o estensioni o ampie deviazioni laterali) per almeno 1/3 del tempo. 4 - il polso deve fare piegamenti estremi o assumere posizioni fastidiose per più di metà del tempo 8 - il polso deve fare piegamenti estremi per circa tutto il tempo
-----------------------------------	--------------------------------	---

D) MANO-DITA DX SX

 Pinch 	 pinch 	 Presa a uncino 	 Presa palmare
--------------------	--------------------	-----------------------------	----------------------------

La mano afferra oggetti o pezzi o strumenti con le dita
 a dita strette (pinch); 2 per circa 1/3 del tempo.
 a mano quasi completamente allargata (presa palmare); 4 per più di metà del tempo.
 tenendo le dita a forma di uncino 8 per circa tutto il tempo
 con altri tipi di presa assimilabili alle precedenti indicate

PRESENZA DI GESTI LAVORATIVI DELLA SPALLA E/O DEL GOMITO E/O DEL POLSO E/O MANI IDENTICI, RIPETUTI PER OLTRE META' DEL TEMPO, o tempo di ciclo tra 8 e 15 sec. a contenuto prevalente di azione tecniche, anche diversificate, dagli arti superiori)
 1,3 E

PRESENZA DI GESTI LAVORATIVI DELLA SPALLA E/O DEL GOMITO E/O DEL POLSO E/O MANI IDENTICI, RIPETUTI QUASI TUTTO IL TEMPO o tempo di ciclo inf. a 8 sec. a contenuto prevalente di azione tecniche, anche diversificate, dagli arti superiori)
 3 E.

E) STEREOTIPIA DX SX

N. B. : usare il valore più alto ottenuto tra i 4 blocchi di domande (A,B,C,D) preso una sola volta e sommarlo eventualmente a E

SCHEDA 3 **POSTURA** DX SX

Figura 25: Sezione dedicata all'analisi delle posture inadeguate

Infine, prima di poter calcolare il punteggio finale, si devono andare a considerare i fattori di rischio complementari suddivisi in due blocchi, il primo tiene conto dei fattori fisico-meccanici, il secondo dei fattori organizzativi. L'elenco dei fattori fisico-meccanici comprende:

- l'uso di strumenti vibranti
- estrema precisione richiesta con avvicinamento dell'oggetto al campo visivo
- compressioni localizzate sulla struttura anatomica della mano o dell'avambraccio a causa di strumenti, oggetti o aree di lavoro
- esposizione a raffreddamento da ambiente o contatto superficiale
- uso di guanti che interferiscono con la capacità di presa richiesta dal compito
- scivolosità della superficie degli oggetti manipolati
- esecuzione di movimenti bruschi a "strappo" o veloci
- esecuzione di gesti con contraccolpi

Mentre per quanto riguarda l'aspetto organizzativo i punteggi di rischio sono determinati da due situazioni fondamentali:

- i ritmi di lavoro sono determinati dalla macchina ma esistono "zone polmone" in cui si può variare il ritmo stesso
- il ritmo di lavoro è completamente determinato dalla macchina, in particolare quando ci si trova nelle linee di produzione

Per ognuno di tali blocchi si deve assegnare un'unica risposta, la somma dei punteggi parziali determina lo score finale dei fattori complementari.

▪ PRESENZA DI FATTORI DI RISCHIO COMPLEMENTARI: scegliere una sola risposta per blocco. Descrivere l'arto più interessato (lo stesso di cui si descriverà la postura). Può essere talora necessario descrivere entrambi gli arti: in questo caso utilizzare la due caselle, una per il destro e una per il sinistro

2 - vengono usati per più della metà del tempo guanti inadeguati alla presa richiesta dal lavoro da svolgere:(fastidiosi, troppo spessi, di taglia sbagliata,

2 - sono presenti movimenti bruschi o a strappo o contraccolpi con frequenze di 2 al minuto o più

2 - sono presenti impatti ripetuti (uso delle mani per dare colpi) con frequenze di almeno 10 volte/ora

2 - sono presenti contatti con superfici fredde (inf.a 0 gradi) o si svolgono lavori in celle frigorifere per più della metà del tempo.

2 - vengono usati strumenti vibranti o avvitatori con contraccolpo per almeno 1/3 del tempo. Attribuire un valore 4 in caso di uso di strumenti con elevato contenuto di vibrazioni (es.: martello pneumatico; mole flessibili ecc.) quando utilizzati per almeno 1/3 del tempo

2 - vengono usati attrezzi che provocano compressioni sulle strutture muscolo tendinee (verificare la presenza di arrossamenti, calli, bolle, ecc. sulla pelle).

2 - vengono svolti lavori di precisione per più della metà del tempo (lavori in aree inferiori ai 2-3 mm.) che richiedono distanza visiva ravvicinata.

2 - sono presenti più fattori complementari (quali: _____) che considerati complessivamente occupano più della metà del tempo

3 - sono presenti uno o più fattori complementari che occupano quasi tutto il tempo (quali.....)

1 - i ritmi di lavoro sono determinati dalla macchina ma esistono zone "polmone" per cui si può accelerare o decelerare il ritmo di lavoro.

2 - i ritmi di lavoro sono completamente determinati dalla macchina

DX SX **COMPLEMENTARI**

Figura 26: Sezione dedicata alla presenza di fattori di rischio complementari

Il passo successivo è il calcolo del punteggio intrinseco della postazione, ottenuto come la somma dei valori precedentemente ottenuti.

A) PUNTEGGIO INTRINSECO DELLA POSTAZIONE . Per calcolare l'indice di compito, sommare i valori riportati nelle 5 caselle con la dicitura: *Recupero + Frequenza + Forza + Postura + Complementari.*

DX SX **PUNTEGGIO INTRINSECO POSTAZIONE**

Figura 27: Sezione dedicata al punteggio intrinseco finale

Il valore ottenuto può essere poi corretto con dei fattori moltiplicativi in base ad altre considerazioni poste all'attenzione in ultima battuta quali la durata totale giornaliera dei compiti ripetitivi per poi ottenere lo score finale della postazione ponderato per la durata effettiva dell'attività ripetitiva.

<p>B) PUNTEGGIO CONSIDERANDO LA DURATA TOTALE GIORNALIERA DEI COMPITI RIPETITIVI. Per lavori part-time o per tempi di lavoro ripetitivo inferiori a 7 ore o superiori a 8 moltiplicare il valore finale ottenuto per gli indicati fattori moltiplicativi:</p>		
<p>60-120 min : Fattore moltiplicativo = 0,5 121-180 min: Fattore moltiplicativo= 0,65 181-240 min: Fattore moltiplicativo= 0,75</p>	<p>241-300 min: Fattore moltiplicativo= 0,85 301-360 min: Fattore moltiplicativo= 0,925 361-420 min: Fattore moltiplicativo= 0,95</p>	<p>421-480 min: Fattore moltiplicativo= 1 sup.480 min: Fattore moltiplicativo= 1,5</p>
<p>C) PUNTEGGIO REALE DELLA POSTAZIONE PONDERATO PER LA EFFETTIVA DURATA DEL COMPITO RIPETITIVO . Per calcolare l'indice di compito, moltiplicare il valore di "PUNTEGGIO INTRINSECO DELLA POSTAZIONE" A-per il fattore moltiplicativo relativo alla durata del compito ripetitivo B)</p>		
<p>DX $A) \times B)$ <input type="text"/> SX $A) \times B)$ <input type="text"/> PUNTEGGIO REALE POSTAZIONE</p>		

Figura 28: Sezione dedicata al calcolo finale dello score

È possibile leggere i valori finali della Check-List in funzione del parametro che caratterizza il metodo, l'OCRA Index, ed è possibile quindi verifica se sia necessario o meno un intervento correttivo o di prevenzione a seconda del valore di rischio individuato.

CHECK-LIST	INDICE OCRA	FASCE	RISCHIO
Fino a 7,5	2,2	Fascia verde	Rischio Accettabile
7,6 - 11	2,3 – 3,5	Fascia gialla	Borderline o Rischio Molto Lieve
11,0 – 14,0	3,6 – 4,5	Fascia rosso leggero	Rischio Lieve
14,1 – 22,5	4,6 – 9,00	Fascia rosso medio	Rischio Medio
≥ 22,6	≥ 9,1	Fascia viola o rosso intenso	Rischio Elevato

Tabella 9: Definizione del rischio per il metodo OCRA

2.7 Strumenti di simulazione

Al giorno d'oggi, a seguito delle innovazioni tecnologiche, l'offerta dei software per la simulazione 3D è notevolmente aumentata, questo aspetto ne ha favorito l'utilizzo in tutti gli ambiti e, soprattutto, ha permesso alla quasi totalità degli imprenditori di poter disporre di almeno uno strumento di questo tipo all'interno del proprio sistema lavoro grazie alla notevole riduzione di prezzo di tali prodotti. È ovvio che la tecnologia di simulazione virtuale è in grado di progettare preventivamente le postazioni di lavoro, le attrezzature necessarie e tutto ciò che costituisce l'ambiente lavorativo, e quindi riusciamo a svolgere una simulazione ergonomica che può essere semplice, tramite l'applicazione dei metodi sopra descritti, oppure ben più complessa analizzando fattori ben più specifici e garantendo la visualizzazione dettagliata delle posture di lavoro. La simulazione ergonomica è importante perché:

- consente una migliore esperienza del lavoratore
- rende le attività lavorative più efficienti e sicure
- riduce i costi operativi
- permette di considerare una moltitudine di variabili

Nella simulazione virtuale dell'ambiente di lavoro è possibile andare ad inserire dei manichini che interagiranno con gli oggetti circostanti, simulando le attività di cui deve essere effettuata la valutazione e andando ad individuare in anticipo i fattori di rischio ergonomici. Alcuni software dispongono di un database antropometrico che racchiude milioni di informazioni con le quali è possibile andare a stabilire con precisione le qualità dell'operatore oggetto della simulazione, capace di rappresentare esattamente il 99% delle caratteristiche morfologiche della popolazione umana tenendo in considerazione la totalità dei fattori che causano rischi alla salute dei lavoratori a causa di posture anomale o di una errata progettazione del Workplace. Questo permette di andare oltre i parametri medi e concentrarsi, magari, su particolari peculiarità degli operatori, dimostrandosi un metodo efficace e aderente alla realtà. L'utilizzo di tali strumenti permette quindi di eliminare le prove da effettuarsi al fine di ottenere dei risultati accettabili per determinati casi di studio riducendo il Time to Go to Market, uno dei fattori che caratterizzano fortemente la competitività della tecnologia. Inoltre, appunto, alcuni software all'avanguardia garantiscono un maggiore livello di accuratezza utilizzando tecnologie di “*capture motion*” riuscendo a mappare con precisione il movimento di un lavoratore impegnato in una determinata attività che interagisce con un macchinario, ma anche altre situazioni che esulano l'ambiente

lavorativo. Utilizzare dei software, quindi, per effettuare un'analisi ergonomica è sinonimo di affidabilità, permette un'analisi oggettiva che si basa sulle metodologie che vengono presentate nelle normative, riuscendo a garantire una previsione più accurata e fedele delle esigenze concrete dei lavoratori riuscendo a valutare un campione di popolazione che copre la quasi totalità dei lavoratori, simulando la totalità delle azioni che le persone sono in grado di effettuare. Nella tesi in esame il software utilizzato è stato Tecnomatix di Siemens, in particolare la funzionalità Process Simulate che permette di modellare, analizzare, simulare ed ottimizzare i processi di lavoro delle intere linee di lavoro fino alle singole postazioni. Process Simulate contiene al suo interno diversi moduli che posso essere utilizzati separatamente o insieme, questi sono:

- *Human*: aspetto che verrà approfondito nel proseguo della trattazione;
- *Event-based simulation module*: permette di studiare ed analizzare un singolo ciclo di produzione dall'inizio alla fine con una sequenza di operazioni predefinite. I moduli al suo interno, ovvero Line Simulation o CEE (Cyclic Event Evaluator), permettono poi di effettuare la simulazione di più cicli di produzione dinamici basati su eventi che non necessariamente siano definiti. Questi strumenti permettono di avere una visione d'insieme dettagliata del sistema di produzione permettendo di poter mettere a punto gli aspetti meccanici, di automazione ed elettrici dello stesso; consente inoltre di validare la sincronizzazione dei robot. Tale modulo fornisce ambienti di simulazione sofisticati nei quali è possibile progettare e verificare anche complesse stazioni di lavoro, è infatti possibile simulare postazioni in cui sia presente una varietà di robot, dispositivi e risorse di produzione che devono funzionare in maniera sincronizzata. Grazie alle capacità di questa applicazione i progettisti che si occupano della costruzione delle linee e gli integratori di sistemi risparmiano tempo e denaro, essendo in grado di rilevare a priori eventuali criticità di sincronizzazione e automazione prima che parta l'oneroso processo di implementazione.
- *OPC simulation (OLE for Process Control)*: l'installazione di tale modulo può essere effettuata solo se il PC è in grado di supportare tale metodologia che richiede la disponibilità del particolare ambiente di Microsoft OLE (Object Linking and Embedding). OPC consente di definire oggetti, metodi e proprietà standard per soddisfare i requisiti di interoperabilità dei processi di automazione in tempo reale.

I requisiti includono:

- una tecnica standard per indirizzare le informazioni contenute nei dispositivi e nei sistemi di controllo del processo;
- un efficiente sistema di trasporto dei dati contenuti nei dispositivi di processo verso un'applicazione;
- supporto per la configurazione specifica del server;
- Client/Server e architettura modulare;
- possibilità per un client di utilizzare più server contemporaneamente.

La quasi totalità dei fornitori di automazione supporta questa interfaccia che consente, quindi, il trasferimento dei dati tra i computer del sistema host e le applicazioni di sistema, sia per scopi generali che per applicazioni di funzionamento e monitoraggio.

- *Process Simulate connectivity (eMServer-3D)*: Tecnomatix è formato principalmente da due moduli fondamentali, ovvero Process Designer, che sta alla base del sistema di pianificazione, e Process Simulate, che consente una simulazione approfondita e l'ottimizzazione degli studi di ingegneria. L'integrazione tra questi due sistemi è consentita dalla connettività eMServer-3D, grazie alla quale è possibile creare strutture di processi o risorse in correlazione con i flussi di lavoro che troviamo in Process Designer. Pertanto, i visualizzatori eM-Planner, il PERT, la visualizzazione del diagramma di Gantt, la visualizzazione in tabella o le varianti possono essere utilizzate per creare anche complesse *bill of processes* molto simili a quelle reali. Successivamente tali strutture possono essere approfondite e visualizzate in 3D in Process Simulate. Quindi grazie a questo strumento l'utente deve soltanto definire l'ambito dell'esame inserendo solo le parti, le risorse e gli oggetti rilevanti e lanciare Process Simulate direttamente da Process Design. Tutte le informazioni degne di nota verranno poi inviate a Process Simulate, solo dopo essere state elaborate nuovamente e creato le operazioni più significative per la simulazione i dati possono essere rinviati all'eMServer semplicemente aggiornando la pagina.

- *Weld*: grazie a questo modulo è possibile analizzare tutti i fattori che rendono il processo di saldatura così critico, ad esempio lo spazio limitato a disposizione, i limiti geometrici e le collisioni. Le potenti funzionalità del software consentono di modellare celle virtuali e ottimizzare tale processo. *Weld* include le seguenti proprietà:
 - trasferimento bidirezionale dei dati da e verso sistemi CAD/CAM;
 - visualizzazione 3D;
 - controllo statico e dinamico delle collisioni;
 - sezioni trasversali 2D e 3D;
 - strumenti avanzati per l'importazione, l'integrazione e la gestione dei punti di saldatura;
 - librerie di modelli di robot, pistole e componenti;
 - modellazione cinematica di robot ed altri dispositivi;
 - simulazione del flusso dei pezzi nelle operazioni meccaniche;
 - giunti di movimentazione e pose dei robot;
 - TCP esterno e pezzo montato;
 - supporto per simulazioni RRS1.

Tale funzionalità permette di disegnare punti di saldatura e layout di stazione in modo semplice e rapido utilizzando i modelli CAD già esistenti e i dati che si trovano all'interno del database di processo memorizzato nell'eMServer. Allo stesso modo, è possibile utilizzare modelli 3D di robot e di periferiche già modellati e presenti nelle librerie definite dall'utente oppure crearne di nuovi all'interno del programma stesso. Inoltre, permette di creare automaticamente delle sezioni nei pressi della zona di saldatura e consentirne l'analisi delle zone di interesse, oppure anche di selezionare automaticamente la torcia ideale per un determinato lavoro di saldatura fornendo tutte le informazioni necessarie a caratterizzarlo al meglio, altrimenti è possibile progettare la pistola ex novo tramite la sezione di modellazione 3D. Questi aspetti permettono di risparmiare tempo e denaro evitando le prove e gli errori in officina.

- *Assembler*: questa sezione facilita nettamente i processi di assemblaggio e smontaggio dei prodotti o delle parti. È possibile effettuare un'analisi statica o dinamica in grado di rilevare errori di progettazione nelle prime fasi di processo, oppure ha un ruolo fondamentale nella valutazione della procedura di assistenza e manutenzione senza dover costruire l'eventuale prototipo. Le funzionalità che lo contraddistinguono sono:
 - visualizzazione 3D;
 - creazione dei percorsi di inserimento ed estrazione;
 - analisi statica delle collisioni;
 - completa la sequenza di assemblaggio utilizzando i diagrammi di Gantt o diagrammi ad albero;
 - la simulazione include le risorse umane e gli attrezzi.

Questa sezione permette, quindi, di andare a definire quale sia la sequenza di montaggio ottimale; mi permette di condurre analisi statiche accurate di un assieme riuscendo a calcolare le distanze tra i vari componenti del prodotto concentrandosi sulle parti problematiche dato che il sistema evidenzia le criticità o le collisioni in rosso o in giallo durante tutta la sequenza. Si possono creare dei percorsi attraverso i quali inserire o estrarre i componenti spostando direttamente la parte nella sua posizione e il percorso viene registrato automaticamente. Nel caso in cui l'assieme sia complesso il programma provvederà alla generazione automatica del percorso. *Assembler* consente di individuare ed analizzare un'eventuale collisione nelle fasi di montaggio o utilizzo che ci accompagnerebbero nella vita quotidiana ma anche in fase di assistenza e manutenzione, e grazie alla particolare funzione *Stop on Collision* la simulazione si arresta automaticamente in caso di urto consentendo di annotare il tutto e risolvere il problema. I principali vantaggi portati da tale modulo sono:

- rilevazione degli errori nelle prime fasi di processo;
- convalidazione geometrica delle sequenze di assemblaggio;
- riduzione del numero dei prototipi fisici;
- riduzione dei tempi di ciclo nelle fasi di pianificazione e avviamento.

Inoltre, aspetto fondamentale, *Assembler* è perfettamente compatibile con *Human* offrendo la possibilità di analizzare la cinematica, il movimento del robot e il movimento umano e quindi la loro interazione, così come anche gli utensili, il robot o i dispositivi più idonei per il processo di assemblaggio delle parti.

- *Robotics*: questa applicazione consente di generare una varietà infinita di configurazioni per effettuare simulazioni. Le aree in cui viene applicata questa funzionalità spaziano dalla saldatura alla messa in servizio di tali sistemi nell'impianto, dalla copertura di varie applicazioni robotiche a strumenti di automazione per la gestione delle caratteristiche di produzione e la pianificazione del processo. Questa particolare pianificazione utilizza la tecnologia robotica di ultima generazione garantendo la massima conformità del sistema utilizzando un approccio specifico del controller durante il download del robot e durante la simulazione. Tale sezione consente agli ingegneri di progettare celle di lavoro o anche intere linee di produzione; una distribuzione e una gestione ottimizzate consentono di avere una visualizzazione dinamica dello stato di assegnazione dei compiti; miglioramento della cella di lavoro grazie allo sviluppo di "giardini robotizzati"; il sistema grafico si basa su motore JT con supporto cinematico. Process Simulate consente di ottimizzare i dati di produzione e ingegneria dalla progettazione fino all'officina, fornisce agli utenti un servizio di integrazione delle varie discipline che permettono la messa in servizio reale di una zona di produzione (meccanica o elettrica). Consente di simulare in maniera fedele e precisa il programma del controller logico programmabile (PLC) reale con l'hardware effettivo tramite OPC e i programmi effettivi del robot garantendo un ambiente virtuale molto realistico.

Vengono analizzate ora le potenzialità del modulo che è stato maggiormente utilizzato nello sviluppo di questo progetto, ovvero *Human*. Questo strumento consente di modellare un ambiente virtuale 3D per la progettazione interattiva e l'ottimizzazione delle attività manuali. Nel modello 3D dell'ambiente effettivo è possibile inserire un modello umano e definirne la sequenza delle attività da compiere. L'utilizzo di tutte le funzioni consente un'analisi accurata della postazione di lavoro e dell'ergonomia dell'operatore, avendo la possibilità di proporre delle modifiche in tempo reale e verificandone gli effetti istantaneamente riuscendo, così, ad ottimizzare lo studio prima dell'implementazione.

Le funzionalità di *Human* comprendono:

- modelli femminili e maschili in diversi ordini percentili;
- visualizzazione dello spazio di lavoro dell'operatore per una rapida configurazione della postazione;
- analisi del tempo basata sui metodi MTM, UAS e MEK;
- analisi della postura secondo i vari metodi standard come il RULA;
- analisi del campo visivo;
- cinematica avanzata e capacità di movimento;
- generazione automatica della documentazione.

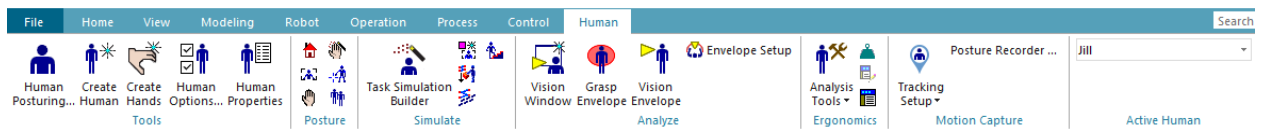


Figura 29: Toolbar della sezione Human

Una libreria di umani di diverso genere, peso, altezza e basata su standard internazionali consente di avere un luogo di lavoro adatto ad una ampia gamma di lavoratori.

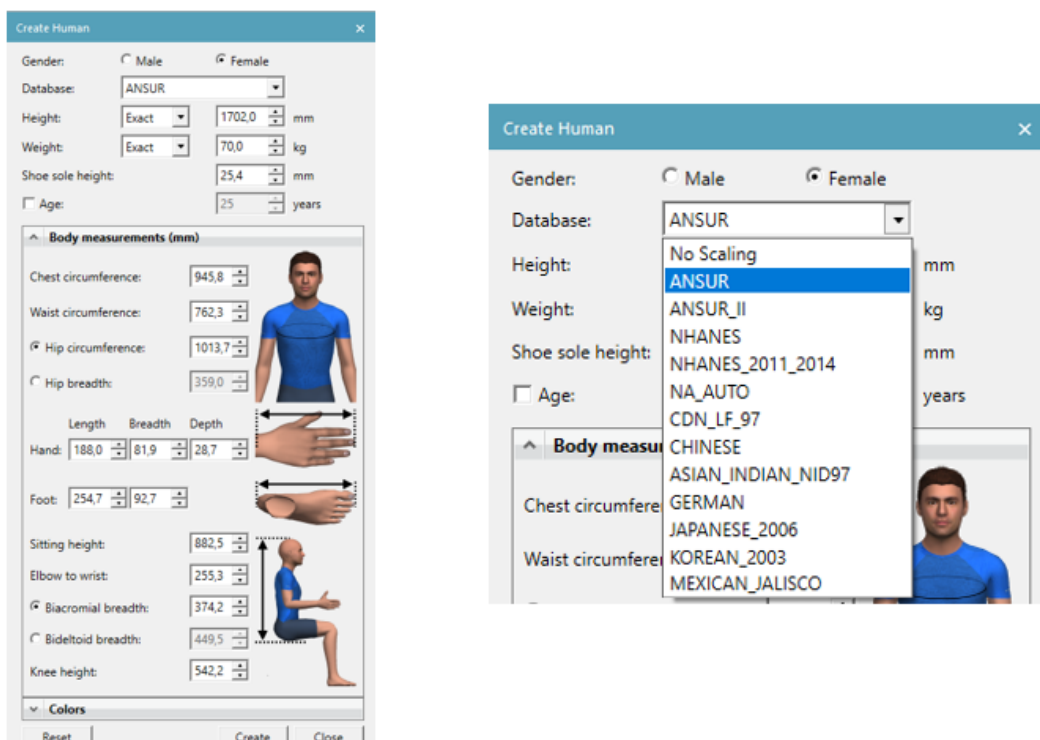


Figura 30: Funzionalità Create Human

I modelli umani sono dotati di una cinematica fedele al corpo umano reale e presentano la possibilità di calcolare la postura accuratamente consentendo, quindi, una progettazione dettagliata ed efficiente delle attività umane.



Figura 31: Modelli umani creati in Tecnomatix

È possibile determinare in maniera immediata e semplice le azioni di afferraggio di oggetti o di camminata, inoltre, è possibile impostare la postura del manichino selezionando i singoli giunti delle articolazioni che lo compongono spostando manualmente il manipolatore.

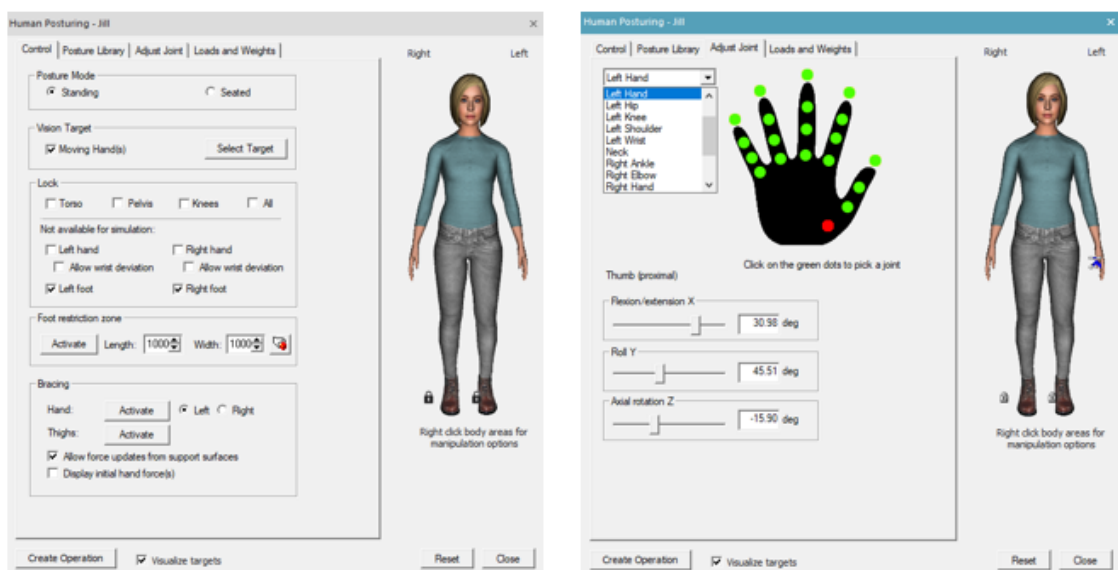


Figura 32: Funzionalità Human Posturing

Le posture umane vengono poi raccolte e gestite in una *posture library*.

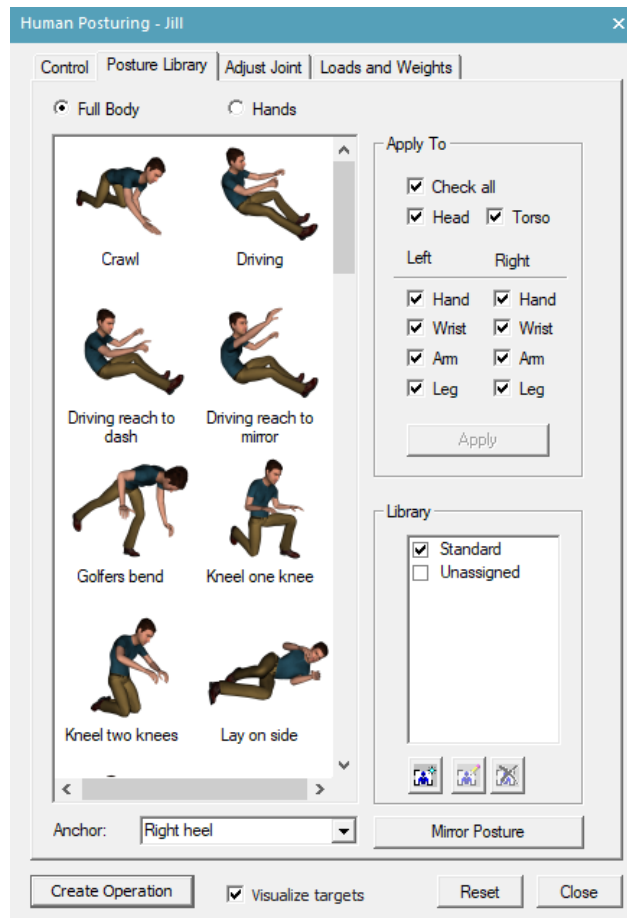


Figura 33: Libreria delle posture

È consentita la valutazione delle collisioni tra l'uomo e l'ambiente che lo circonda verificando la fattibilità dell'azione, inoltre è possibile analizzare in maniera diretta il campo visivo del lavoratore consentendo un esame in prima persona delle difficoltà in cui può incorrere.

Inoltre, è possibile determinare quelle che sono le azioni che deve compiere l'umano tramite il modulo di *Task Simulation Builder* che in maniera semplice ed intuitiva garantisce un'elevata versatilità dello strumento rendendo il manichino capace di compiere una varietà illimitata di task.

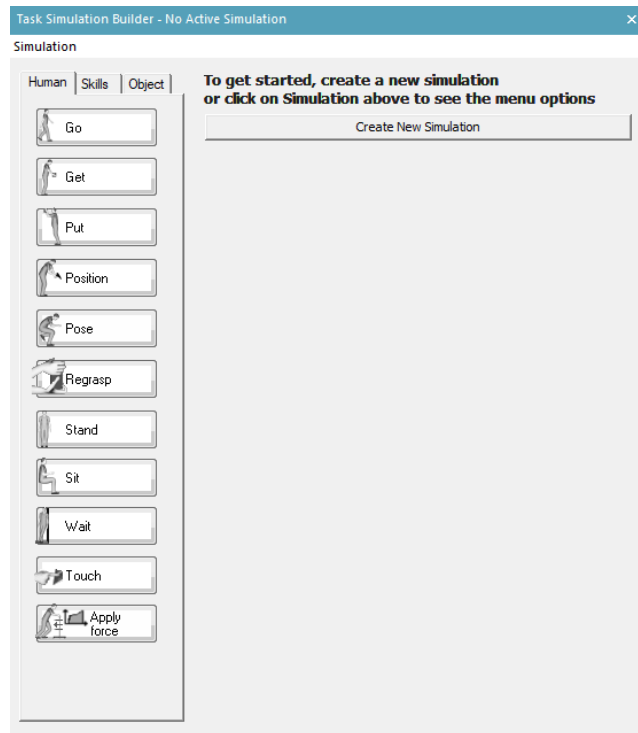


Figura 34: Task Simulation Builder, creazione dei task

Le funzioni di analisi dell'ergonomia consentono di effettuare una valutazione che venga rapportata agli standard stabiliti dalla normativa, in particolare, è stato utilizzato il metodo RULA per calcolare e verificare le varie criticità posturale che interessavano gli operatori e le eventuali soluzioni a tali problemi.

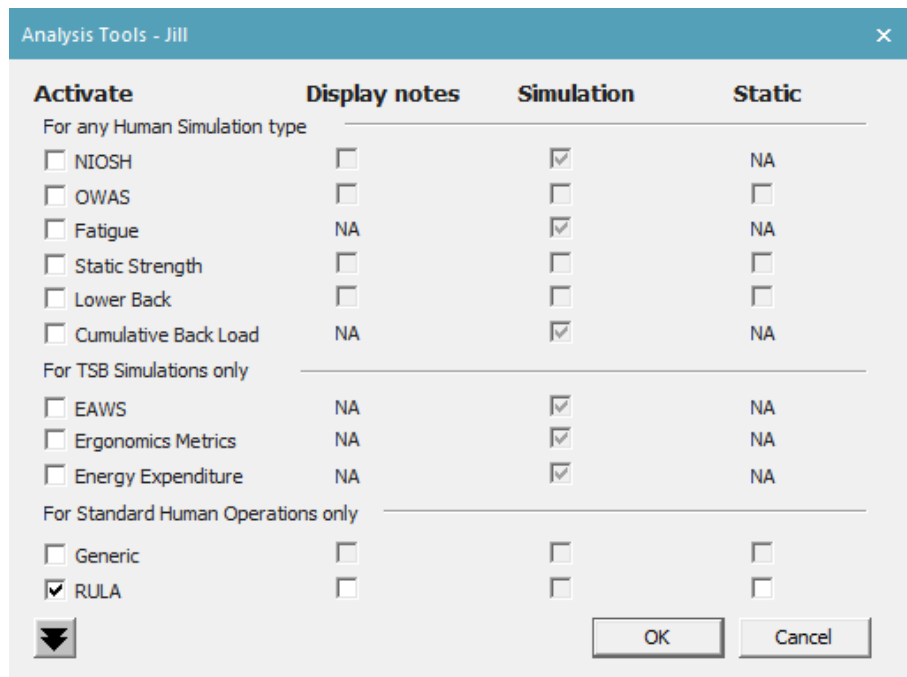


Figura 35: Strumenti per l'analisi ergonomica

Utilizzando poi i risultati ottenuti dell'ergonomia e dei tempi è possibile riorganizzare gli elementi del Workplace ed eseguire nuovamente le simulazioni senza modificare l'obiettivo finale dell'attività. In definitiva questa funzione di Tecnomatix, fondamentale per l'analisi dell'ergonomia, offre i seguenti vantaggi:

- ottimizza i tempi del ciclo di assemblaggio;
- aumenta la produttività degli impianti di produzione;
- migliora l'ergonomia nei sistemi di lavoro;
- riduce i tempi e i costi di pianificazione;
- include una documentazione completa.

Capitolo 3

LUBE Industries

3.1 Panoramica Aziendale

La storia di LUBE è un'avventura che ha visto la luce in un ragazzo che faceva propri valori come la tenacia, la lungimiranza, l'impegno e la professionalità, e che ancora oggi rappresentano i capisaldi di questo colosso mondiale. La continuità che ha caratterizzato il gruppo LUBE negli anni, mettendo al centro principi fondamentali come l'attenzione per l'uomo e per la qualità, il rispetto dell'ambiente grazie all'utilizzo di materiali ecosostenibili, l'integrazione fra design e tecnologia, fino alla cura del cliente, hanno reso LUBE l'azienda leader del settore, diventando la prima tra le aziende italiane produttrici di cucine. Nel 1956 un giovane Luciano Sileoni faceva la spola tra la bottega e la sua casa, di mestiere faceva il falegname e lo contraddistingueva un innato spirito di iniziativa. A causa della crisi economica che si faceva sentire e delle esigenze domestiche nasceva la prima cucina LUBE, utilizzando materiali poveri ma ben studiata, funzionale e resistente.



a)



b)

Figura 36: a) Il giovane Luciano Sileoni e b) la prima cucina LUBE

Dato il periodo storico che caratterizzava l'Italia il giovane Luciano doveva lavorare in falegnameria di giorno e montare mobili di notte, fin quando un giorno propose al barbiere del paese, Benito Raponi, di diventare soci. Fu così che il primo di Maggio del 1967, in un garage di Treia, nasce la SIRA (dalle iniziali dei cognomi dei fondatori), l'antenata della LUBE, la cui crescita è stata esponenziale per merito anche dell'aiuto di Mario Grilli grazie a cui le prime credenze sono sbarcate oltre i confini del paesino maceratese.

Atto di costituzione della SIRA s.r.l. del 1974. Il documento è scritto a mano su carta quadrettata e contiene informazioni dettagliate sulla costituzione dell'azienda, tra cui i nomi dei soci, le quote di partecipazione e le condizioni di lavoro. In basso, si legge la data "Lunedì 9 Aprile 1974" e la firma "Luciano Sileoni".



"NON USCIVO DAL LABORATORIO NEANCHE PER MANGIARE, LAVORAVAMO CON 3 O 4 DIPENDENTI GIORNO E NOTTE E ANCHE LA DOMENICA."

LUCIANO SILEONI

a)

b)

Figura 37: a) Atto di fondazione delle SIRA e logo b) Citazione di Luciano Sileoni

La rapida crescita dell'impresa portò all'apertura di un nuovo stabilimento a Fontevannazza nel 1974 e prese il nome odierno, LUBE (giocando con le iniziali dei nomi Luciano e Benito). A loro si aggregò il cognato di Luciano, il neodiplomato Fabio Giulianelli, che sarà una figura fondamentale nell'ascesa dell'azienda. A causa della crescente domanda interna non si riesce ancora ad avere uno sviluppo oltre i confini della nazione a causa della richiesta altissima all'interno dello Stato, questo, grazie ad un prodotto valido, di qualità merito anche dei rapporti di cooperazione con rappresentanti di tutta Italia, alcuni dei quali ancora oggi al fianco di LUBE.



a)

b)

Figura 38: a) Evoluzione del logo b) I tre fondatori nel loro showroom

L'ascesa è rapida, l'azienda assume dimensioni tali per cui è necessario rinnovare lo stabilimento di produzione, quindi, nel 1993 si trasferisce nell'attuale sito di produzione a Passo di Treia, l'azienda prende il nome di CUCINE LUBE OVER e con il passare degli anni la struttura verrà ingrandita sempre più, questo a testimonianza del successo che avevano i prodotti offerti dall'attività. Quello che era un piccolo laboratorio di provincia era sbocciato definitivamente diventando una grande azienda che iniziava anche ad avere sbocchi internazionali permettendo al made in Italy di affermarsi oltre i confini della nazione come sinonimo di qualità assoluta.



a)



b)

Figura 39: a) Logo LUBE OVER b) Stabilimento di produzione di Passo di Treia

Nel 2003 Sileoni e Giulianelli rilevano gli altri due soci lanciando un forte segnale di continuità e garantendo una certezza nel futuro a questa realtà. Oggi LUBE ha a disposizione 150.000 mq di superficie, permettendo a 650 dipendenti di lavorare e realizzare circa 75.000 cucine all'anno e raggiungendo ben 76 paesi in tutto il mondo. L'azienda è orientata al mondo green, è dotata di 15.000 pannelli solari in grado di produrre circa 6 milioni di kilowatt all'anno di energia pulita, e le colonne portanti di ogni decisione strategica sono l'innovazione tecnologica e l'informatizzazione mantenendo, però, i dogmi che hanno sempre contraddistinto questa realtà, ovvero la qualità, il servizio e l'attenzione al cliente.

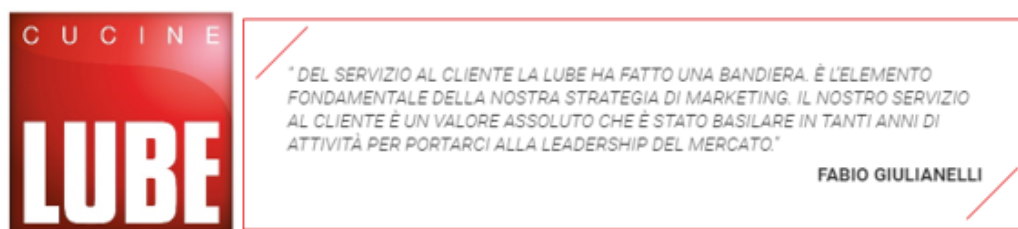


Figura 40: Marchio LUBE e slogan di Fabio Giulianelli

3.2 Focus sul processo produttivo

Per caratterizzare meglio l'azienda verrà riportato un focus del processo produttivo di LUBE in modo che siano più chiare le modalità con le quali il gruppo riesce ad ottenere il successo di cui dispone, permettendo di elevarsi a prima industria italiana del settore. La LUBE Industries S.r.l. opera, principalmente, nel settore del legno, in particolare nella realizzazione di cucine componibili, quindi si avvale di una tecnologia in cui la materia prima è rappresentata da pannelli e materiali precomposti. In particolare, LUBE utilizza semilavorati realizzati da ditte esterne, i quali vengono sottoposti a particolari trattamenti e lavorazioni per poi essere movimentati e fatti confluire nelle linee di assemblaggio, quindi, il prodotto finito sarà un insieme di moduli che vengono realizzati in reparti differenti e che solo alla fine vengono assemblati. Le principali materie prime e semilavorati utilizzati per la produzione sono:

- pannelli in truciolare nobilitato usato per i bussolotti costituenti le casse della cucina;
- pannelli in truciolare post-formato per fabbricare i tops;
- ante e vetrine;
- zoccoli e cimase da tagliare su misura.

Il resto dei componenti che compongono il prodotto finito ordinato dal cliente finale, ma che non vengono prodotti e lavorati all'interno dei reparti, ma semplicemente assemblati, sono:

- elettrodomestici: frigoriferi, forni, piani cottura, cappe, ecc.;
- cappe in stile legno o metallo;
- tavoli, sedie;
- accessori e mobili finiti;
- piani di lavoro in marmo o granito.

Quindi il layout operativo dell'azienda produttiva è organizzato in reparti che trasformano il prodotto in entrata e altri di stoccaggio di semilavorati e prodotti finiti. I principali reparti che possono essere individuati sono:

- 1) reparto lavorazione pannelli semilavorati;
- 2) reparto falegnameria;
- 3) reparto fora-inserimento delle ante e delle cerniere;
- 4) reparto lavorazione dei cassetti;
- 5) reparto preparazione zoccoli e cimase;

- 6) reparto lavorazione top/mensole da cucina;
- 7) reparto assemblaggio mobili;
- 8) reparto magazzino prodotti finiti/spedizioni;
- 9) reparto magazzini elettrodomestici e piani granito;
- 10) magazzino accessori/cataloghi/obsoleti;
- 11) magazzino seminterrato preparazione sedi, lavelli e piani cottura;
- 12) piazzali esterni e zone di carico/scarico;
- 13) locali tecnici/manutenzione (tetto, silos, mensa, officine...);
- 14) mensa;
- 15) showroom;
- 16) palazzina uffici commerciali, amministrazione e IT;
- 17) palazzina uffici tecnici, marketing, acquisti e ricerca e sviluppo.



Figura 41: Focus sullo stabilimento di produzione di Passo di Treia

Di questi i principali sono:

- *Reparto lavorazione pannelli semilavorati*: in questa zona del sito produttivo avviene la trasformazione del pannello commerciale di materiale nobilitato in pannelli con delle forme prestabilite e comprensivi dei fori per gli inserti, in modo che successivamente vengono inviati alle linee di montaggio delle casse. La materia prima in arrivo dal fornitore è costituita da fogli di dimensioni elevate (375 x 220 x 1,8 cm di spessore) e su di esso vengono eseguite determinate lavorazioni quali la sezionatura dei fogli in pannelli, la squadratura e bordatura in linea e infine la foratura e la pallettizzazione, il tutto mediante sistemi di lavorazione e di trasporto automatici.



Figura 42: Sezionatura pannelli

- *Reparto falegnameria*: il compito di questo reparto è quello di preparare gli elementi richiesti dal cliente andando a lavorare i pannelli in output del reparto precedente o dai vari magazzini. Gli operai si troveranno a dover soddisfare richieste specifiche in base ad una commessa giornaliera fornendo i materiali necessari al reparto di assemblaggio o al magazzino spedizione. Le principali macchine presenti nel reparto, identificative delle attività che vengono compiute, sono seghe circolari, a nastro, troncatrici, pialle a filo-spessore, toupie, calibratrici, foratrici-spinatrici e bordatrici monospalla. Questo reparto lavora, chiaramente, a stretto contatto con l'ufficio di programmazione.

- *Reparto fora-inserimento cerniere ante:* tale reparto si occupa del prelievo delle antine nel magazzino adiacente a seconda della commessa stabilita dall'ufficio di programmazione e si occupa della foratura e della ferratura delle stesse. Le macchine con la quale si procede alla lavorazione sono specifici strumenti per la foratura e per l'inserimento delle cerniere, a lavoro ultimato le antine vengono movimentate tramite appositi carrelli e portate alle varie linee di montaggio.



Figura 43: Foratura e fresatura pannelli

- *Reparto lavorazione cassette:* si interessa del prelievo dei frontali dal magazzino sulla base della commessa giornaliera stabilita dai clienti. Tale reparto è quello in cui era ubicata la linea di produzione oggetto dello studio e che verrà analizzata in seguito nel dettaglio. In questo reparto quindi i frontali vengono sottoposti a foratura e ferratura grazie a particolari macchine progettate ad hoc per queste attività, successivamente vengono assemblati al cassetto e movimentati all'interno dello stabilimento con degli appositi carrelli e portati alle linee di montaggio.
- *Reparto preparazioni zoccoli e cimase:* questa linea si occupa della preparazione e dell'imballaggio di zoccoli e cimase¹³, in particolare le operazioni riguardano il taglio a lunghezza stabilita a seconda dello sviluppo della composizione mediante troncatrici manuali.

¹³ Profilati di legno massello verniciato di lunghezza pari a 4 m; l'anima è composta da materiale di basso pregio come pioppo, abete, ecc....rivestita in tranciato verniciato o in carta melaminica dello stesso colore delle ante. Mentre gli zoccoli sono profili in plastica o alluminio rivestita in carta o PVC di lunghezza pari alle cimase.

- *Reparto lavorazione top/mensole da cucina:* tale reparto si occupa della predisposizione del piano della cucina a seconda del posizionamento del piano cottura e dei lavelli. Il materiale utilizzato è formato da barre di truciolare di lunghezza 4 m, larghezza massima pari a 600 cm e spessore 4-6 cm. Le lavorazioni a cui sono sottoposte tali barre sono principalmente il taglio a misura delle stesse, la bordatura e la pantografatura dei fori. Tutte queste operazioni sono completamente automatizzate e hanno in input gli ordini emessi dall'ufficio di programmazione, sono presenti nel reparto anche macchine universali che permettono di perfezionare eventuali lavorazioni su pezzi speciali come bordatrici, sega circolare, pantografi manuali. Al termine delle lavorazioni i pezzi vengono imballati con film estensibile tramite degli appositi macchinari.



Figura 44: Bordatura pannelli

- *Reparto assemblaggi mobili:* risulta essere il reparto più vasto con i suoi 10.000 mq, è composto da cinque differenti linee di assemblaggio, ognuna delle quali adibita ad una particolare tipologia di mobile; ogni linea è dotata di un nastro trasportatore sul quale viene effettuato il montaggio manualmente utilizzando i pezzi semilavorati in arrivo dagli altri reparti come ad esempio i cassetti; successivamente uno strettoio meccanico procede con la compressione del mobile montato che viene così inviato tramite una via a rulli motorizzata verso le varie postazioni. In queste ultime stazioni gli operatori si occupano del montaggio degli ultimi particolari come elettrodomestici, antine, griglie, accessori ecc. e solo dopo la pulizia finale il pezzo montato può essere inviato al magazzino spedizioni.



Figura 45: Assemblaggio mobili

- *Reparto magazzino prodotti finiti/spedizioni:* tutti i pezzi in uscita dal reparto di assemblaggio o i prodotti stoccati vengono muniti di apposite etichette e sistemati all'interno del magazzino. La filosofia con la quale viene gestito questo spazio è quella Just in Time, quindi i prodotti tenderanno a rimanere al loro posto per massimo 24 ore prima di essere caricati sui camion.

- *Reparto magazzino elettrodomestici e piani di granito*: il materiale viene stoccato a terra, impilato (ad esempio elettrodomestici) e movimentato tramite appositi carrelli elevatori con particolari pinze, oppure su apposite casse metalliche (piani di granito) movimentate sempre mediante predefiniti carrelli elevatori.



Figura 46: Reparto magazzino elettrodomestici e piani cucina in granito

- *Magazzino accessori/cataloghi/obsoleti*: i prodotti stoccati sono costituiti da pezzi finiti ed imballati delle più svariate forme e dimensioni in arrivo dai fornitori ma anche di cataloghi e listini. Il tutto sistemato su scaffalature metalliche e movimentato con carrelli elevatori.
- *Magazzino seminterrato preparazione sedie, lavelli e piani cottura*: il materiale stoccato in questo magazzino seminterrato, dotato di un pantografo che lo collega al piano terra permettendone il riempimento o lo svuotamento mediante appositi carrelli elevatori, è caratterizzato da sedie in arrivo già scatolate dai fornitori e da piccoli accessori quali ad esempio rubinetti, taglieri o maniglie.
- *Piazzali esterni di carico e scarico*: comprendono tutte le zone di transito degli automezzi esterni ed interni allo stabilimento produttivo. Il perimetro aziendale è delimitato da recinzioni e cancelli automatici per il passaggio pedonale e degli automezzi. La circolazione è regolamentata da sensi unici e segnaletica sia orizzontale che verticale. Gran parte dell'area è rappresentata dal piazzale di carico dei mezzi di trasporto dei prodotti che mettono in collegamento LUBE con il resto del mondo.



Figura 47: Piazzale di carico esterno

- *Showroom*: lo showroom è lo spazio espositivo in cui vengono messi in mostra i prodotti realizzati da LUBE e nel quale può essere effettuata anche la vendita delle cucine.



Figura 48: Showroom LUBE

L'esame del ciclo produttivo permette di capire quale sia il metodo di lavoro di un'azienda multinazionale che mette il cliente al primo posto e sempre orientata verso le nuove tecnologie, aspetti che le permettono di mantenere la leadership nel settore e di trovare stimoli che le consentono di andare oltre i propri limiti.

3.3 Definizione del case study

Si procede ora con la descrizione del case study, ovvero della linea di produzione presa in analisi e della quale si è effettuato lo studio ergonomico e della produttività. Il reparto nel quale è stato effettuato lo studio è quello della lavorazione dei cassetti, in particolare la linea di foratura delle ante per la realizzazione dei cestoni. Il layout è quello mostrato nella figura seguente in cui si può osservare la fase iniziale del ciclo di lavorazione che consiste nel prelievo dell'anta grazie ad un robot antropomorfo che si occupa del carico delle ante sul convogliatore automatizzato a rulli che procede alla movimentazione delle stesse e al trasporto delle ante in uscita dalla macchina CNC al ribaltatore in modo da favorire il montaggio.

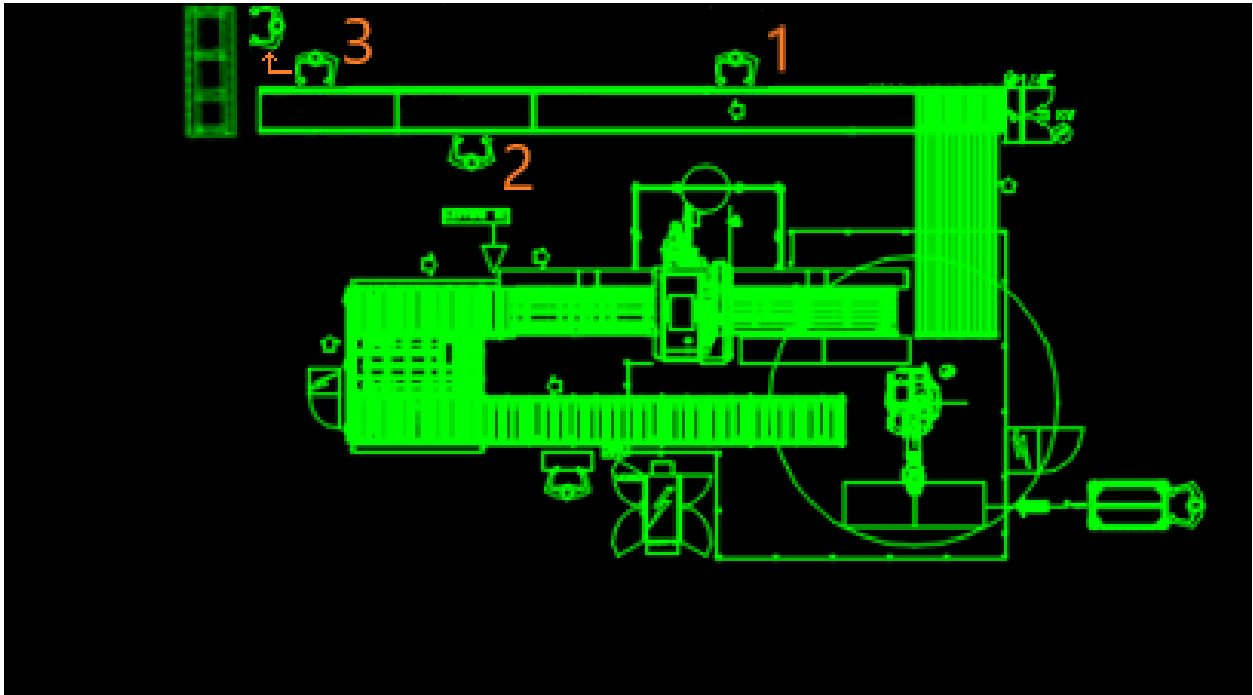


Figura 49: Layout della stazione di lavoro

Layout attuale della stazione di lavoro:

1. Operatore addetto all'assemblaggio dei cestoni
2. Operatore addetto all'inserimento delle viti
3. Operatore addetto al carico dei cestoni sui carrelli

Le ante in ingresso percorrono tutto il tragitto, grazie ai sopra citati convogliatori a rulli, e vengono messe a squadro mediante una paratia laterale in modo da favorirne la lavorazione nella macchina a controllo numerico computerizzato che si occupa della foratura delle ante e della loro ferratura. Una volta subita la lavorazione, il pezzo viene posizionato nel trasportatore successivo in cui, a monte, si trova un ribaltatore che orienta l'anta in modo tale che sia reso possibile il montaggio per poi raggiungere la fase finale della linea in cui sono locati gli operatori analizzati. Il primo operatore svolge l'attività di montaggio del pianale dei cestoni, si occupa quindi del prelievo del componente e del suo posizionamento che viene assemblato tramite un sistema a scatto. Successivamente il prodotto, movimentato da un nastro trasportatore, raggiunge la seconda postazione di lavoro in cui si trova il secondo operatore che ha il compito di inserire la placchetta di sostegno, per evitare incurvamenti del cestone a causa dell'eccessivo carico, e di fissarla mediante tre viti, una orizzontale realizzata ad hoc per questa applicazione per garantire la regolazione del cassetto in fase di assemblaggio del mobile finale, e le altre due verticali standard per garantirne l'accoppiamento all'anta. Una volta ultimata questa operazione il prodotto raggiunge l'ultima postazione in cui si procede al montaggio delle spondine sul cestone e dove il terzo operatore lo carica manualmente nei carrelli che verranno poi movimentati all'interno dello stabilimento e che raggiungeranno la linea di montaggio dei mobili finiti. I prodotti che vengono realizzati possono variare nelle dimensioni, si trovano, infatti, cestoni con dimensioni delle ante che possono assumere valori pari a 45 cm, 60 cm, 90 cm e 120 cm, e quindi avranno pesi differenti che vanno dagli 8 ai ben più critici 17 Kg, ma la maggior parte della produzione interessa i prodotti di grandezza intermedia, ovvero i cestelli da 60 cm e 90 cm.

Dimensioni cestoni Creo/Lube	Peso/pz in kg	Media pz per produz. /gg (in 8 ore)
Larghezza 45 cm (compreso frontale)	8	80
Larghezza 60 cm (compreso frontale)	10	345
Larghezza 90 cm (compreso frontale)	15	310
Larghezza 120 cm (compreso frontale)	17	30

Tabella 10: Produttività e dimensioni dei cestoni

La produzione giornaliera si assesta sui valori riportati in tabella, ovvero 765 pezzi al giorno rispettando tale mix produttivo. Si deve specificare, però, come la piastrina di sostegno debba essere inserita solamente nei componenti di grandezza maggiore, ovvero i cestoni di 90 e 120 cm, date le grandi dimensioni e la loro tendenza ad incurvarsi a seguito del loro utilizzo. Altri aspetti rilevanti riguardano l'alimentazione della linea, questa avviene mediante dei carrelli che vengono inseriti a robot spento, tale compito è riservato all'operatore 2, il quale durante il normale svolgimento delle sue mansioni deve controllare che il carrello non si esaurisca e, nel caso in cui ciò avvenga, sostituirlo con uno nuovo in modo da mantenere costante il ritmo produttivo. Chiaramente, questo comporta rallentamenti del normale ciclo produttivo e quindi inefficienza della linea che porta a stalli della produzione. Altro aspetto da considerare è la realizzazione di componenti in ritardo rispetto alla tabella di marcia del reparto o dei prodotti fuori misura, che hanno dimensioni diverse rispetto a quelli pianificati dall'ufficio di programmazione e richiesti direttamente dal cliente finale che eventualmente devono essere sottoposti ad ulteriori lavorazioni, i quali devono essere inseriti manualmente dal suddetto operatore 2 nella linea di produzione.

Capitolo 4

Analisi della linea di produzione

4.1 Analisi della produttività

Per effettuare una completa ed accurata analisi della linea di produzione è fondamentale anche valutare tale centro di lavoro in termini di efficienza e bilanciamento. Questi aspetti, infatti, sono l'indicatore della qualità del lavoro degli operatori, i quali, se non messi nelle condizioni ottimali, non riusciranno a garantire la produttività prevista e si possono verificare pause più o meno brevi fino ad arrivare al completo arresto della stessa. Le cause dell'inefficienza possono essere svariate, a partire dai guasti dei macchinari, che comportano un evidente rallentamento della produzione a causa della necessità di intervento e del tempo adibito alla riparazione di tali apparecchi, fino ad arrivare agli aspetti legati al lavoratore. È evidente, infatti, come un lavoratore affaticato, svogliato o demotivato, anche involontariamente, non riesca a svolgere i compiti che gli vengono assegnati garantendo una prestazione massimale. Il contesto in cui è immerso l'operatore, implicitamente, condiziona fortemente l'atteggiamento dell'uomo, per questo motivo l'ambiente lavorativo e la produzione, intesa come ritmo di lavoro, sono degli aspetti di fondamentale importanza per quanto riguarda l'analisi ergonomica. Sono state individuate inizialmente tutte le fasi del regolare ciclo di lavorazione del cestone per un totale di 23 step, ognuno dei quali caratterizzato da un certo tempo di percorrenza associato ad una particolare operazione, che sommati determinano il tempo totale di ciclo del prodotto.

L'analisi è partita al momento del prelievo dell'anta da parte del robot antropomorfo fino ad arrivare al momento in cui il terzo operatore sistema il cestone all'interno del carrello.

FASE E OPERAZIONE	
1	Prelievo dell'anta effettuato dal Robot antropomorfo
2	Avanzamento anta 1
3	Arresto 1
4	Avanzamento anta 2
5	Arresto 2
6	Avanzamento anta 3
7	Arresto 3
8	Spostamento trasversale anta
9	Arresto 4
10	Spostamento trasversale anta contro paratia
11	Arresto 5
12	Avanzamento anta 4
13	Arresto 6
14	Avanzamento anta e lavoro macchina CNC
15	Arresto 7
16	Spostamento anta lavorata con Robot antropomorfo
17	Ribaltamento
18	Spostamento trasversale anta lavorata e ingresso nastro trasportatore
19	Spostamento anta lavorata su nastro e montaggio cestone da fermo
20	Avanzamento cestone assemblato su nastro e inserimento viti da fermo
21	Avanzamento su nastro e raggiungimento ultima postazione
22	Arresto del cestone e montaggio spondine
23	Carico su carrello

Tabella 11: Definizione delle operazioni

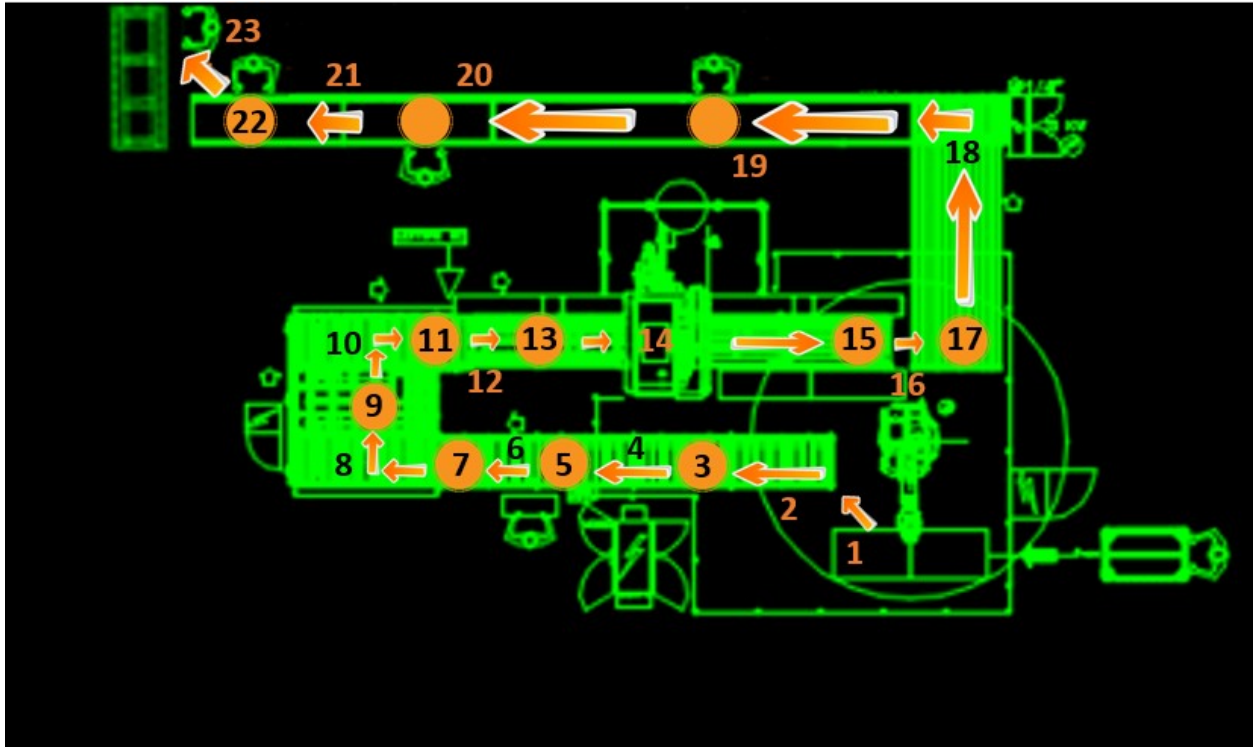


Figura 50: Percorso del cestone e rappresentazione dei task

Successivamente sono stati rilevati, quindi, i tempi associati ad ogni operazione in modo da calcolare il tempo totale di ciclo. Per ottenere un'analisi fedele sono stati effettuati 33 campionamenti, in modo da considerare tutte le variabili che concorrono al rallentamento della linea e riuscendo ad ottenere un valore medio sicuramente accettabile da comparare con quello del nuovo layout proposto al termine della trattazione.

È evidente come alcuni tempi siano molto variabili tra i vari campionamenti, questo a causa, come precedentemente accennato, di svariati fattori che possono provocare il rallentamento della linea ma, in alcuni casi, anche una sua accelerazione. In particolare, si osserva come l'alimentazione della linea, gestita manualmente dal secondo operatore, comporta ritardi rilevanti, poiché è obbligato ad assentarsi momentaneamente dalla sua postazione lasciandola scoperta durante il tempo di sostituzione del carrello all'inizio della linea e, quindi, nessuno riesce a svolgere l'attività di inserimento delle viti e della piastrina. Inoltre, un altro aspetto molto importante, è quello della movimentazione del carrello sul quale vengono caricati i cestoni. Data la dimensione e il peso dello stesso, il trasporto manuale e la sua sostituzione necessita della presenza di due operatori, solitamente il primo e il terzo che si trovano dallo stesso lato della linea, e quindi un determinato periodo di improduttività. Questi possono essere considerati i fattori che influenzano maggiormente il ritmo produttivo, tali fonti di inefficienza sono infatti presenti in gran parte delle rilevazioni effettuate comportando talvolta anche grandi ritardi. Altri elementi penalizzanti, oltre a quelli sopra citati, sono stati individuati nella sostituzione del pallet sul quale si trovano i cestoni che devono essere assemblati dal primo operatore, oppure, come nel caso di alcune rilevazioni, la macchina a controllo numerico ha dovuto eseguire una particolare lavorazione di falegnameria sull'anta che ha impiegato un tempo molto maggiore rispetto a quello solitamente necessario ad effettuarne una standard. Ma ancora, anche il fatto che l'anta prelevata fosse tra le prime o le ultime del lotto da realizzare comportava variazioni del tempo totale di ciclo, oppure la presenza di prodotti con errori di lavorazione o montaggio che devono quindi essere smontati e assemblati di nuovo manualmente, con gravi ritardi della produzione. A seguito di questa analisi è stato calcolato il valore medio delle singole operazioni e, quindi, del tempo totale di ciclo al fine di ottenere un valore di riferimento che tenesse conto di tutti gli aspetti che influenzano il normale progredire della produzione.

FASE E OPERAZIONE		TEMPO
1	Prelievo	9
2	Avanzamento	9
3	Fermo	29
4	Avanzamento	5
5	Fermo	32
6	Avanzamento	7
7	Fermo	29
8	Spostamento trasversale	10
9	Fermo	43
10	Spostamento trasversale contro paratia	5
11	Fermo	27
12	Avanzamento	3
13	Fermo	36
14	Avanzamento e lavoro CNC	57
15	Fermo	4
16	Spostamento con Robot	9
17	Ribaltamento	13
18	Spostamento trasversale e ingresso nastro trasportatore	36
19	Spostamento su nastro e montaggio da fermo	65
20	Avanzamento su nastro e inserimento viti da fermo	163
21	Avanzamento su nastro	8
22	Fermo	12
23	Carico su carrello	8
TOTALE		621
		10 min. 21 sec

Tabella 12: Definizione dei tempi medi delle varie fasi

I dati che sono stati rilevati, per quanto riguarda la parte finale della linea, tengono conto del movimento discontinuo del nastro trasportatore a causa del mancato bilanciamento della linea, per questo motivo al fine di caratterizzare al meglio le operazioni che sono state sottoposte all'analisi ergonomica è stato calcolato il tempo di ciclo necessario all'effettivo assemblaggio del

cestone sviscerando le ultime fasi e differenziando il tempo necessario alle singole operazioni di assemblaggio di ogni componente e valutando il tempo di avanzamento sul nastro trasportatore tra le postazioni, senza considerare tutti i vari fattori di ritardo.

Task	Durata	Operatore
Assemblaggio del pianale, aste e frontalino del cassetto	15 sec	Operatore 1
Avanzamento prodotto alla postazione successiva	5\6 sec	-
Inserimento prima vite	3 sec	Operatore 2
Inserimento placchetta	3 sec	Operatore 2
Inserimento delle altre due viti	6 sec	Operatore 2
Avanzamento prodotto alla postazione successiva	5\6 sec	-
Inserimento spondine	12 sec	Operatore 3
Carico del cassetto sul carrello	8 sec	Operatore 3

Tabella 13: Definizione dei task riguardanti le operazioni manuali

Il tempo complessivo è pari a 59 secondi, sarà questo il metro di paragone con il quale saranno valutate le applicazioni nel layout finale. Ultimo aspetto di fondamentale importanza è l'individuazione del collo di bottiglia della linea di produzione, che in tal caso è rappresentato dal processo di lavorazione della macchina CNC che risulta essere di 57 secondi, e quindi sarà la fase che determina il ritmo produttivo. Al termine di questa trattazione, quindi, si è cercato di risolvere tutti i problemi fin qui descritti che comportano il mancato bilanciamento della linea di produzione cercando soluzioni che garantissero la produttività giornaliera in modo da rispettare i tempi di consegna.

4.2 Operatore addetto al montaggio dei cestoni

Successivamente è stata analizzata la postura del primo operatore, quello addetto al montaggio dei cestoni, al fine di evidenziare, ove siano presenti, eventuali criticità a livello ergonomico. In particolare, è stata valutata la postura nel momento in cui il lavoratore opera l'assemblaggio del pianale sull'anta in uscita dalla macchina automatica di fora-inserimento, e quindi il momento preciso in cui si compie il montaggio.



Figura 51: Operatore addetto al montaggio dei cestoni

Inizialmente, è stata eseguita l'analisi RULA, sono stati analizzati minuziosamente gli angoli formati dagli arti superiori dell'operatore grazie all'utilizzo di un goniometro 3D che ha permesso di ottenere risultati validi. Il peso da movimentare, e quindi la massa del pianale, è pari a 10 Kg, ripartito, però, su entrambe le gambe dato che l'uomo non si sbilancia durante il compimento dell'attività, ed è quindi simmetrica. Nello specifico, nella sezione dedicata agli arti inferiori, è stato assegnato un valore unitario alla postura delle stesse dato che, appunto, il carico viene ripartito equamente sui due arti non comportando asimmetrie e non evidenziando criticità.

Rapid Upper Limb Assessment

Evaluator: _____
Date: _____
SHIFT: _____

Company: _____
Workstation / Task: _____
Worker: _____

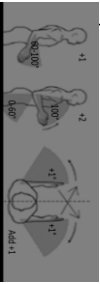
A. Arm and Wrist Analysis

Step 1. Locate Upper Arm Position



Step 1a: Adjust...
If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: -1
If arm is supported or person is leaning: -1

Step 2. Locate Lower Arm Position:



Step 2a: Adjust...
If either arm is working across midline or out to side of body: -1

Step 3. Locate Wrist Position:



Step 3a: Adjust...
If wrist is bent from midline: Add +1

Step 4. Wrist Twist:
If wrist is twisted in mid-range: +1
If wrist is at or near end of range: +2

Step 5. Look-up Posture Score in Table A:
Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A

Step 6. Add Muscle Use Score
If posture mainly static (i.e. held > 10 minutes),
Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 7. Add Force/Load Score
If load < 2 kg (intermittent): -0
If load 2 to 10 kg (intermittent): -1
If load 2 to 10 kg (static or repeated): -2
If more than 10 kg or repeated or shocks: +3

Step 8. Find Row in Table C
Add values from steps 5-7 to obtain
Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

Left Right
Upper Arm Score

Left Right
Lower Arm Score

Table A		Wrist Score			
Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist	Wrist	Wrist
1	1	1	2	1	2
1	1	2	1	2	1
1	2	2	2	2	3
2	2	2	2	2	3
2	2	3	3	3	4
2	3	3	3	3	4
2	3	3	3	3	4
3	3	4	4	4	5
3	4	4	4	4	5
3	4	4	4	4	5
4	4	4	4	4	5
4	4	4	4	4	5
5	5	5	5	5	6
5	5	5	5	5	6
6	6	6	6	6	7
6	6	6	6	6	7
6	7	7	7	7	8
6	7	7	7	7	8
6	8	8	8	8	9
6	8	8	8	8	9
6	9	9	9	9	9
6	9	9	9	9	9

Left Right
Wrist Score
Left Right
Wrist Twist Score
Left Right

Left Right
Muscle Use Score

Left Right
Force / Load Score

Left Right
Wrist & Arm Score

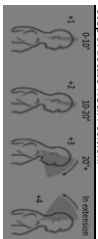
Table C	Neck, Trunk, Leg Score						
	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	1	2	3	3	4	5
2	2	2	2	3	3	4	5
3	3	3	3	3	4	4	5
4	4	4	4	4	4	4	5
5	4	4	4	4	5	6	6
6	4	4	4	4	5	6	7
7	5	5	5	6	6	7	7
8+	5	5	5	6	6	7	7

Scoring (final score from Table C)
1-2 Acceptable posture
3-4 Further investigation, change may be needed
5-6 Further investigation, change soon
7 Investigate and implement change

RULA Score
Left Right

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

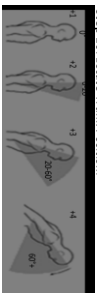
Step 9. Locate Neck Position:



Step 9a: Adjust...
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Neck Score

Step 10. Locate Trunk Position:



Step 10a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Trunk Score

Step 11. Legs:

If legs and feet are supported: +1
If not: +2

Leg Score

Table B	Trunk Posture Score					
	1	2	3	4	5	6
Posture Score	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4
2	2	3	2	3	4	5
3	3	3	3	4	5	5
4	4	5	5	5	6	6
5	7	7	7	7	7	7
6	8	8	8	8	8	8

Step 12. Look-up Posture Score in Table B:
Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B

Posture Score B

Step 13. Add Muscle Use Score
If posture mainly static (i.e. held > 10 minutes),
Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Muscle Use Score

Step 14. Add Force/Load Score
If load < 2kg (intermittent): -0
If load 2 to 10 kg (intermittent): -1
If load 2 to 10 kg (static or repeated): -2
If more than 10 kg or repeated or shocks: +3

Force / Load Score

Step 15. Find Column in Table C
Add values from steps 12-14 to obtain
Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

Neck, Trunk and Leg Score

Figura 52: Foglio di calcolo RULA del primo operatore

Il valore ottenuto per entrambi i lati del corpo, pari a 4, evidenzia un rischio limitato che non impone un intervento immediato, dato che l'operatore non si trova ad assumere posture che potrebbero generare in maniera rapida patologie e disturbi muscoloscheletrici. Il secondo step riguarda la compilazione della Check List OCRA, focalizzando l'attenzione sulla ripetitività dei compiti e su come è strutturato il turno di lavoro.

Valutazione automatica dei compiti ripetitivi con checklist OCRA modello tradizionale

a cura di Daniela Colombini, Enrico Occhipinti, Marco Carbas, Marco Tasso - Unità di Ricerca EPM Milano

Azienda	Luba Industriale srl	Reparto	Montaggio - Linea Forni e costoli
Linea/postazione/completo		N. Addetti	1
Breve descrizione del compito	Vedere descrizione scheda		

PRESENZA DI COMPITO RIPETITIVO = il termine non e' sinonimo di presenza di rischio. La checklist va applicata quando il compito e' organizzato a cicli, indipendentemente dalla loro durata, o quando il compito e' caratterizzato dalla ripetizione degli stessi

SI	X
NO	

a. SINTESI DELLA DURATA NETTA DEI LAVORI RIPETITIVI IN GIORNATA MEDIA RAPPRESENTATIVA

DURATA TURNO (min) LORDA	480	DURATA TURNO (min) EFFETTIVA	460
DURATA LAVORI NON RIPETITIVI (pulizie, approvvigionamenti.....) in minuti	40		
N PAUSE EFFETTIVE NEL TURNO (O ALTRE INTERRUZIONI COSTANTI DI ATTIVITA' DEGLI ARTI SUPERIORI), DI DURATA UGUALE O SUPERIORE A 8 MINUTI, ESCLUSA PAUSA MENSA considerabili come recuperi	7		
NOTE			
DURATA (in minuti) EFFETTIVA COMPLESSIVA DI TUTTE LE PAUSE O ALTRE INTERRUZIONI DI ATTIVITA' DEGLI ARTI SUPERIORI (COSTANTI E DI DURATA CONSECUTIVA DI ALMENO 8 MINUTI); ESCLUDERE LA PAUSA MENSA	56		
NOTE			
DURATA EFFETTIVA PAUSA MENSA SE PRESENTE INTERNA AL TURNO (RETRIBUITA) in minuti	0		
SE ESISTE UNA PAUSA MENSA DI ALMENO 30 MINUTI (NON RETRIBUITA FUORI ORARIO DI LAVORO) O ALTRE INTERRUZIONI DI ATTIVITA' (COME TRASFERIMENTI IN ALTRE SEDI DELLA DURATA DI PIU' DI 30 MINUTI), INDICARNE IL NUMERO.	1		
Ci sono veri e propri cicli: scrivere il numero dei pezzi/lavoratore/turno	765	Durata media NETTA nel turno del lavoro ripetitivo (in minuti)	364
Ci sono veri e propri cicli: scrivere il tempo di ciclo osservato (in secondi) TUTTI gli stessi veri e propri cicli ripetitivi sempre le stesse azioni: scrivere (in secondi), il tempo di osservazione non ripetitivo, esatto sono presenti tempi di recupero interni al ciclo	7	DURATA del TEMPO TOTALE NETTO DI CICLO o calcolato o CADENZA (secondi)	28,5
	SI	% differenza fra tempo di ciclo osservato e tempo di ciclo raccomandato	75%
		minuti non giustificati	275

CALCOLO AUTOMATICO
N. ORE SENZA ADEGUATO RECUPERO
0

MULTIPLICATORE RECUPERO
1,000

CALCOLO MANUALE
N. ORE SENZA ADEGUATO RECUPERO

0,95

b. BREVE DESCRIZIONE DEL TURNO MEDIO DI LAVORO E DELLE PAUSE

c. VALUTAZIONE DEI PRINCIPALI FATTORI DI RISCHIO E PRIORITA' NEGLI INTERVENTI MIGLIORATIVI (descrivere il lato peggiore o entrambi se il lavoro è simmetrico)

Lato esaminato	DX	SX	BIL	X	

FREQUENZA: azioni dinamiche indicare il numero delle azioni tecniche osservate separatamente per l'arto destro e sinistro

	DESTRO	FREQ.	VAL.	SINISTRO	FREQ.	VAL.
	8	16,8		8	16,8	

Se le azioni sono molto rapide e difficili da contare (> 70az/min), apporre una "X" nella casella, senza contare le azioni tecniche

SONO POSSIBILI BREVI INTERRUZIONI (il ritmo non è completamente imposto dalla macchina)

	NO	SI
	X	X

FREQUENZA: azioni statiche

è mantenuto un oggetto in presa statica per una durata di almeno 5sec., che occupa 2/3 del tempo ciclo o del periodo di osservazione;

è mantenuto un oggetto in presa statica per una durata di almeno 5 sec., che occupa 3/3 del tempo ciclo o del periodo di osservazione

	NO	SI
	X	X

POSTURE INCONGRUE DEGLI ARTI SUP A DX

	MENO DI 1/3 DEL TEMPO	CIRCA 1/3 DEL TEMPO	CIRCA META DEL TEMPO	CIRCA 2/3 DEL TEMPO	CIRCA TUTTO IL TEMPO
mano in presa pinch o palmare o uncinco (non in grip)				X	
braccio quasi ad altezza spalla					
deviazioni estreme del polso					
rotazione completa di oggetti o esegue ampie flessio-estensioni del gomito		X			
STEREOT.					X
NOTE					

POSTURE INCONGRUE DEGLI ARTI SUP A SX

	MENO DI 1/3 DEL TEMPO	CIRCA 1/3 DEL TEMPO	CIRCA META DEL TEMPO	CIRCA 2/3 DEL TEMPO	CIRCA TUTTO IL TEMPO
mano in presa pinch o palmare o uncinco (non in grip)				X	
braccio quasi ad altezza spalla					
deviazioni estreme del polso					
rotazione completa di oggetti o esegue ampie flessio-estensioni del gomito		X			
STEREOT.					X
NOTE					

FREQUENZA

PUNTEGGIO FREQUENZA

DX	0	SX	0
----	---	----	---

POSTURA DX

4	
1	
0	
2	
3	X
3	X
7	

POSTURA SX

4	
1	
0	
2	
3	X
3	X
7	

		MENO DI 1/3 DEL TEMPO	CIRCA 1/3 DEL TEMPO	CIRCA META' DEL TEMPO	CIRCA 2/3 DEL TEMPO	CIRCA TUTTO IL TEMPO	7																																																																																																																						
FORZA LATO DESTRO	uso di forza moderata in uso attrezzi o ogni altra azione lavorativa				X		5																																																																																																																						
picchi di forza FORTE (Borg 5-6-7) in uso attrezzi o ogni altra azione lavorativa	picchi di 1-2 secondi ciascuno ogni 50 ms		intorno all'1% del tempo	intorno al 5% del tempo		intorno al 10% del tempo e oltre																																																																																																																							
picchi di forza INTENSA (Borg 8-9-10) in uso attrezzi o ogni altra azione lavorativa	picchi di 1-2 secondi ciascuno ogni 50 ms		intorno all'1% del tempo	intorno al 5% del tempo		intorno al 10% del tempo e oltre																																																																																																																							
NOTE SULL'USO DELLA FORZA																																																																																																																													
FORZA LATO SINISTRO	uso di forza moderata in uso attrezzi o ogni altra azione lavorativa				X		5																																																																																																																						
picchi di forza FORTE (Borg 5-6-7) in uso attrezzi o ogni altra azione lavorativa	picchi di 1-2 secondi ciascuno ogni 50 ms		intorno all'1% del tempo	intorno al 5% del tempo		intorno al 10% del tempo e oltre																																																																																																																							
picchi di forza INTENSA (Borg 8-9-10) in uso attrezzi o ogni altra azione lavorativa	picchi di 1-2 secondi ciascuno ogni 50 ms		intorno all'1% del tempo	intorno al 5% del tempo		intorno al 10% del tempo e oltre																																																																																																																							
NOTE SULL'USO DELLA FORZA																																																																																																																													
COMPLEM.	uso martelli, mazze per colpi	più della metà del tempo																																																																																																																											
RISCHI FISICI	uso delle mani per dare colpi	frequenza di almeno 10 volte/ora																																																																																																																											
	uso strumenti vibranti (MARTELLI PNEUMATICI, FRESE EGG, AVVITATORI, SI, SOTTERRANEO, SOTTERRACCOLPI)	almeno 1/3 del tempo																																																																																																																											
	altro: indicare solo quelli elencati nel foglio di commento allegato	descrivere nella parte in bianco a sinistra il fattore o i fattori presenti e barrare la casella/a a destra																																																																																																																											
COMPLEM. O ORGANIZZATIVI	ritmo imposto dalla macchina	ritmo imposto con possibilità di modulazione	X	ritmo imposto: lavoro su linea in scorrimento a velocità molto lenta		ritmo imposto senza possibilità di modulazione su linea in movimento																																																																																																																							
NOTE:																																																																																																																													
d. PUNTEGGIO FINALE CHECKLIST OCRA, PONDERATO PER LA DURATA																																																																																																																													
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="18">PUNTEGGIO FINALE PARZIALE (indipendente da recupero e durata)</td> </tr> <tr> <td>DESTRO</td> <td colspan="17">14</td> </tr> <tr> <td>SINISTRO</td> <td colspan="17">14</td> </tr> <tr> <td colspan="18">PUNTEGGIO FINALE INTRINSECO (valore indipendente durata)</td> </tr> <tr> <td>DESTRO</td> <td colspan="17">14,3</td> </tr> <tr> <td>SINISTRO</td> <td colspan="17">14,3</td> </tr> </table>																		PUNTEGGIO FINALE PARZIALE (indipendente da recupero e durata)																		DESTRO	14																	SINISTRO	14																	PUNTEGGIO FINALE INTRINSECO (valore indipendente durata)																		DESTRO	14,3																	SINISTRO	14,3																
PUNTEGGIO FINALE PARZIALE (indipendente da recupero e durata)																																																																																																																													
DESTRO	14																																																																																																																												
SINISTRO	14																																																																																																																												
PUNTEGGIO FINALE INTRINSECO (valore indipendente durata)																																																																																																																													
DESTRO	14,3																																																																																																																												
SINISTRO	14,3																																																																																																																												
RIASSUNTO DELLA CHECKLIST																																																																																																																													
denominazione	moltiplicatore recupero	recupero	frequenza	forza	lato	spalla	gomito	polso	mano	stereotipia	totale postura	complem.	checkbox OCRA																																																																																																																
vedere descrizione scheda	1,000	0	0	6	DX	1	2	0	4	3	7	1	13,30																																																																																																																
vedere descrizione scheda	1,000	0	0	6	SX	1	2	0	4	3	7	1	13,30																																																																																																																
DISTRIBUZIONE DELLE PAUSE																																																																																																																													
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>minuti nella</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="13"></td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> </table>																		minuti nella																															1	1																																																																											
minuti nella																																																																																																																													
													1	1																																																																																																															

Figura 53: Foglio di calcolo OCRA per il primo operatore

È stato rilevato un valore finale pari a 13,30 per entrambi gli arti evidenziando la presenza di un rischio modesto che, però, può essere messo da parte, non essendo causa di grandi criticità. I fattori principali che determinano questo punteggio sono il peso, comunque elevato, del pianale e la modalità di presa dello stesso in modo da favorirne il montaggio. Il punteggio ottenuto, inoltre è lo stesso per entrambi gli arti, questo a dimostrazione del fatto che l'azione sia assolutamente simmetrica. Infine, l'ultima fase dell'analisi dell'operatore riguarda l'applicazione dei metodi NIOSH e Snook-Ciriello, grazie ai quali è possibile valutare le criticità che riguardano la movimentazione manuale dei carichi.

MODELLO SEMPLIFICATO PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA MOVIMENTAZIONE MANUALE DI CARICHI

di

Daniela Colombini, Enrique Alvarez-Casado, Marco Cerbai, Enrico Occhipinti, Marco Placci, Thomas Waters



HELP 1
IMMETTERE TUTTI I DATI ORGANIZZATI PRIMA DI INIZIARE LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO: IN PARTICOLARE DESCRIVERE IL GRUPPO OMOGENEO E SCRIVERE IL NUMERO DEGLI OPERATORI ADDETTI ALLA STESSA LAVORAZIONE

DATA	09/04/2019
AZIENDA	LUBE INDUSTRIES s.r.l.
AREA/REPARTO/LINEA/POSTAZIONE	REPARTO 04 - CASSETTI
DESCRIZIONE DELLA DURATA DEL COMPITO E DELLA SUA DISTRIBUZIONE NEL TURNO	08:00-12:00 / 13:15-17:15
NUMERO DEI LAVORATORI COINVOLTI NELLO STESSO COMPITO/I DI SOLLEVAMENTO MANUALE (un lavoratore o un gruppo omogeneo di lavoratori)	1
BREVE DESCRIZIONE DEL COMPITO E DEL GRUPPO OMOGENEO	Vedere descrizione scheda

1a. KEYS ENTER

SONO SOLLEVATI MANUALMENTE OGGETTI DI PESO UGUALE O SUPERIORE AI 3 Kg? NO SI

RISULTATO DELLA VALUTAZIONE KEYS ENTER

PROCEDERE CON LA VALUTAZIONE QUICK ASSESSMENT

1b. QUICK ASSESSMENT

CONDIZIONI CRITICHE				CONDIZIONI DI ACCETTABILITA'			
Se fosse presente anche solo una delle condizioni citate, il rischio va considerato elevato ed è necessario procedere al più presto alla riprogettazione del compito.				Se tutte le seguenti condizioni sono presenti, il rischio sarà ACCETTABILE e non sarà necessario alcun altro intervento			
		SI	NO			SI	NO
DISTANZA VERTICALE	Più di 175 cm		X	Carico da 3,0 a 5,0 Kg	Rotazione del tronco assente	X	
DISLOCAZIONE VERTICALE	più di 175 cm		X		Carico mantenuto vicino al corpo	X	
DISTANZA ORIZZONTALE	più di 63cm		X		Dislocazione verticale del carico compresa tra le spalle e le anche	X	
ASIMMETRIA (rotazioni del tronco)	più di 135 gradi		X	Carico da 5,1 a 10,5 Kg	Massima frequenza 5 sollevamenti/minuto	X	
Frequency	superiore o uguale a 13 v/min in DURATA BREVE		X		Rotazione del tronco assente	X	
	superiore o uguale a 11 v/min in DURATA MEDIA		X	Carico da 5,1 a 10,5 Kg	Carico mantenuto vicino al corpo	X	
	superiore o uguale a 9 v/min in DURATA LUNGA		X		Dislocazione verticale del carico compresa tra le spalle e le anche	X	
					Massima frequenza 1 sollevamenti/minuto		X
PRESENZA DI PESI MAGGIORI DEI MASSIMI RACCOMANDATI SOLLEVATI DA UNA PERSONA				Carico più di 10,5 Kg	Non sono presenti pesi superiori a 10,5 Kg		
uomini (18-45 anni)	25 KG		X		SI	NO	
donne (18-45 anni)	20 KG		X		X		
uomini (<18 o >45 anni)	20 KG		X				
donne (<18 o >45 anni)	15 KG		X				
NB Costanti di peso massime, sollevate da una sola persona con entrambi gli arti superiori							
RISULTATO FINALE DELLA VALUTAZIONE							

HELP N.1

Rispondere alle domande presenti nei 2 box usando una "X".

Se una sola X è presente nel BOX "ROSSO" la postazione presenta alto rischio: sono presenti CONDIZIONI CRITICHE

Se una sola X è presente nel BOX "VERDE" nella colonna dei SI procedere comunque con la valutazione analitica.

Se TUTTE le condizioni presenti nel BOX VERDE sono soddisfatte da un NO, il rischio risulta accettabile. In questo caso non sarà necessario procedere con altre valutazioni.

1c. CARATTERISTICHE DELL'AMBIENTE E DEGLI OGGETTI SOLLEVATI

LE CARATTERISTICHE DELL'AMBIENTE DI LAVORO NON SONO ADATTE AL SOLLEVAMENTO E TRASPORTO MANUALE PERCHÉ PRESENTI LE SEGUENTI CONDIZIONI			
presenza di alte temperature	si		no X
pavimento scivoloso o sconnesso	si		no X
uso di scale	si		no X
spazi di lavoro e di transito molto ristretti	si		no X
LE CARATTERISTICHE DELL'OGGETTO MANIPOLATO IN SOLLEVAMENTO O TRASPORTO NON SONO ADATTE AL SOLLEVAMENTO E TRASPORTO MANUALE PERCHÉ PRESENTI LE SEGUENTI CONDIZIONI			
la forma e la grandezza dell'oggetto riducono la visibilità dell'operatore durante la sua movimentazione	si		no X
il centro di gravità dell'oggetto è instabile e oscilla durante la movimentazione (liquidi, polveri ecc)	si		no X
l'oggetto movimentato presenta spigoli e/o margini e/o protusioni taglienti e/o acuminati che possono provocare lesioni	si	X	no
la superficie di contatto dell'oggetto è troppo fredda	si		no X
presenza di alte temperature	si		no X

Figura 54: Sezione dedicata all'ambiente di lavoro nel modello NIOSH

In seguito alla definizione dell'ambiente lavorativo e alla descrizione dell'attività, l'attenzione è passata alla produzione, ovvero alla morfologia della linea di produzione e alla tempificazione del turno di lavoro.

2. DESCRIZIONE DEGLI OGGETTI SOLLEVATI MANUALMENTE

Azienda		LUBE INDUSTRIES s.r.l.	
Area/linea / postazione		REPARTO 04 - CASSETTI	
N. di lavoratori che svolgono lo stesso compito (un lavoratore o un gruppo omogeneo)		1 (a)	
Breve descrizione del lavoro svolto dal lavoratore o dal gruppo omogeneo			
Vedere descrizione scheda			

Dati produttivi sugli oggetti sollevati (peso superiore ai 3 kg) da tutto il gruppo omogeneo dei lavoratori, in un turno

Categorie	N. oggetti		pesi medi per categoria (Kg)	% oggetti sollevati per categoria	% PESI TRASPORTATI per calcolo peso cumulato	MASSA CUMULATA TRASPORTATA NEL TURNO	classe di peso prevalentemente sollevata da più operatori: SCRIVERE IL N. DI OPERATORI	categoria di peso sollevata da un solo arto
	Da	a						
C1	10,0	11,0	765,0	10,5	100,0%	8032,5	1	
C2	24,5	25,5			100,0%			
C3	24,5	25,5			100,0%			
C4	24,5	25,5			100,0%			
C5	24,5	25,5			100,0%			
TOTAL						8032,5		
1 WORKER						8032,5		

(a)	(b)	calcolo della Massa Cumulata (ISO 11228-1)	
peso del carico (Kg.)	sollevati nel turno da tutto il gruppo omogeneo	N. di sollevamenti per ciascun oggetto	N. di oggetti realmente sollevati da tutto il gruppo omogeneo
da 3 a 3,99	3,5		
da 4 a 4,99	4,5		
da 5 a 5,99	5,5		
da 6 a 6,99	6,5		
da 7 a 7,99	7,5		
da 8 a 8,99	8,5		
da 9 a 9,99	9,5		
da 10 a 10,99	10,5	765	1
da 11 a 11,99	11,5		
da 12 a 12,99	12,5		
da 13 a 13,99	13,5		
da 14 a 14,99	14,5		
da 15 a 15,99	15,5		
da 16 a 16,99	16,5		
da 17 a 17,99	17,5		
da 18 a 18,99	18,5		
da 19 a 19,99	19,5		
da 20 a 20,99	20,5		
da 21 a 21,99	21,5		
da 22 a 22,99	22,5		
da 23 a 23,99	23,5		
da 24 a 24,99	24,5		
da 24,5 a 25,49	25		
Totale			765,0

HELP N.3
Inserisci in (a) quante unità sono sollevate manualmente da un operatore (se presente un solo operatore) o quante unità solleva il gruppo omogeneo, sempre in un turno.

Scrivi in (b) quante volte la stessa unità è sollevata: se è sollevata una volta sola, scrivi comunque 1.

Tutte le informazioni sui carichi saranno poi automaticamente suddivise in 5 categorie di peso.

HELP N.4
scrivi manualmente i carichi con peso maggiore di 25,5 kg (sollevati manualmente) e quante volte solleva la stessa unità

peso medio sollevato (Kg) da ciascun lavoratore coinvolto

10,5	10,5
#DIV/0!	

(b)

TIPO DI COMPITO

MONOTASK=M	V
COMPOSITO=C	
VARIABLE=V	

Scrivere la sigla corrispondente al compito

HELP N.5
Scrivi in questo box IL NUMERO DI OPERATORI ADDETTI A SOLLEVARE CONTEMPORANEAMENTE LO STESSO CARICO solo quando i carichi appartenenti alla classe di peso sono pressoché sempre sollevati in più operatori. Il peso medio della categoria sarà automaticamente ricalcolato (b)

HELP N.6
Scrivi "X" se i carichi inclusi nelle categorie di peso sono per lo più sollevati con un solo arto

8032,5	Massa Cumulata Sollevata da tutto il gruppo
8032,5	Massa Cumulata Sollevata da un solo operatore

3. Durata e distribuzione dei tempi di movimentazione manuale di carichi nel turno

Tabella 11
 Scrivi nelle caselle bianche la sequenza degli avvenimenti lavorativi che si svolgono nel turno:
 a) minuti in sollevamento manuale di carichi (incluendo il trasporto): I PERIODI DI SOLLEVAMENTO NON DEVONO ESSERE INFERIORI AI 30 MINUTI
 b) minuti di compiti senza sollevamento manuale di carichi o le pause: NON DEVONO ESSERE INFERIORI AI 5 MINUTI, SE INFERIORI, INCLUDERLI NE PERIODI DI SOLLEVAMENTO
 c) minuti in traino e spinta
 NB: se un evento non è presente, non scrivere nulla nella casella e passa alla successiva.

LA SOMMA DEI MINUTI INDICATI DEVE CORRISPONDERE ALLA DURATA DEL TURNO

	compiti (senza sollevamenti) o pause	SOLLEVAMENTO MANUALE (incluso il trasporto di carichi)	compiti (senza sollevamenti) o pause	traino e spinta	compiti (senza sollevamenti) o pause	SOLLEVAMENTO MANUALE (incluso il trasporto di carichi)	compiti (senza sollevamenti) o pause	traino e spinta	compiti (senza sollevamenti) o pause	SOLLEVAMENTO MANUALE (incluso il trasporto di carichi)	compiti (senza sollevamenti) o pause	traino e spinta
minuti	10	210		20	75				10	210	20	

ora inizio turno	08:00				End of shift							End of shift
------------------	--------------	--	--	--	--------------	--	--	--	--	--	--	--------------

note

ore nel turno	08:10	11:40		12:00	13:15				13:25	16:55	17:15	
---------------	-------	-------	--	-------	-------	--	--	--	-------	-------	-------	--

traino e spinta (min)				20					0			0
-----------------------	--	--	--	----	--	--	--	--	---	--	--	---

DURATA LUNGA

N. DI LAVORATORI COINVOLTI nello stesso compito	1
DURATA MENSA (indicare i minuti di durata della mensa solo se FUORI ORARIO DI LAVORO)	75
DURATA DEL TURNO [min]	480
DURATA DEL SOLLEVAMENTO MANUALE (trasporto incluso) [min]	420
DURATA NETTA TRAINO E SPINTA [min]	20
N. TOTALE OGGETTI SOLLEVATI NEL TURNO (sup. ai 3 kg)	765,0
N. OGGETTI SOLLEVATI DA CIASCUN OPERATORE (sup. ai 3 kg)	765,0
FREQUENZA DI SOLLEVAMENTO	1,82

4. Descrizione dell'area di movimentazione manuale carichi

N. DI LAVORATORI COINVOLTI nello stesso compito		1
N. TOTALE OGGETTI SOLLEVATI NEL TURNO (sup. ai 3 kg)		765
N. OGGETTI SOLLEVATI DA CIASCUN OPERATORE (sup. ai 3 kg)		765
DURATA DEL SOLLEVAMENTO MANUALE (trasporto incluso)		420

ALTEZZA ALL'ORIGINE	CATEGORIE DI PESO (Kg)										AREE ORIZZONTALI (cm)
	da	a	da	a	da	a	da	a	da	a	
cm	10	11									
>175											>63
171-175											51 63
161-170											41 50
151-160											25 40
141-150											
131-140											
126-130											
111-125											51 63
101-110											41 50
91-100											25 40
81-90	X										X
71-80											
61-70											
51-60											>63
41-50											51 63
31-40											41 50
21-30											25 40
11-20											
up to 10											

ALTEZZA ALLA DESTINAZIONE	CATEGORIE DI PESO (Kg)										AREE ORIZZONTALI (cm)
	da	a	da	a	da	a	da	a	da	a	
cm	10	11									
>175											>63
171-175											51 63
161-170											41 50
151-160											25 40
141-150											
131-140											
126-130											
111-125											51 63
101-110	X										41 50
91-100	X										25 40
81-90	X										X
71-80											
61-70											
51-60											>63
41-50											51 63
31-40											41 50
21-30											25 40
11-20											
up to 10											

Figura 55: Sezione dedicata alla caratterizzazione del turno di lavoro e dell'attività di movimentazione nel modello NIOSH per il primo operatore

Solo dopo aver considerato tutti questi aspetti è possibile calcolare l'indice di sollevamento e, quindi, individuare il livello di rischio evidenziato da tale analisi.

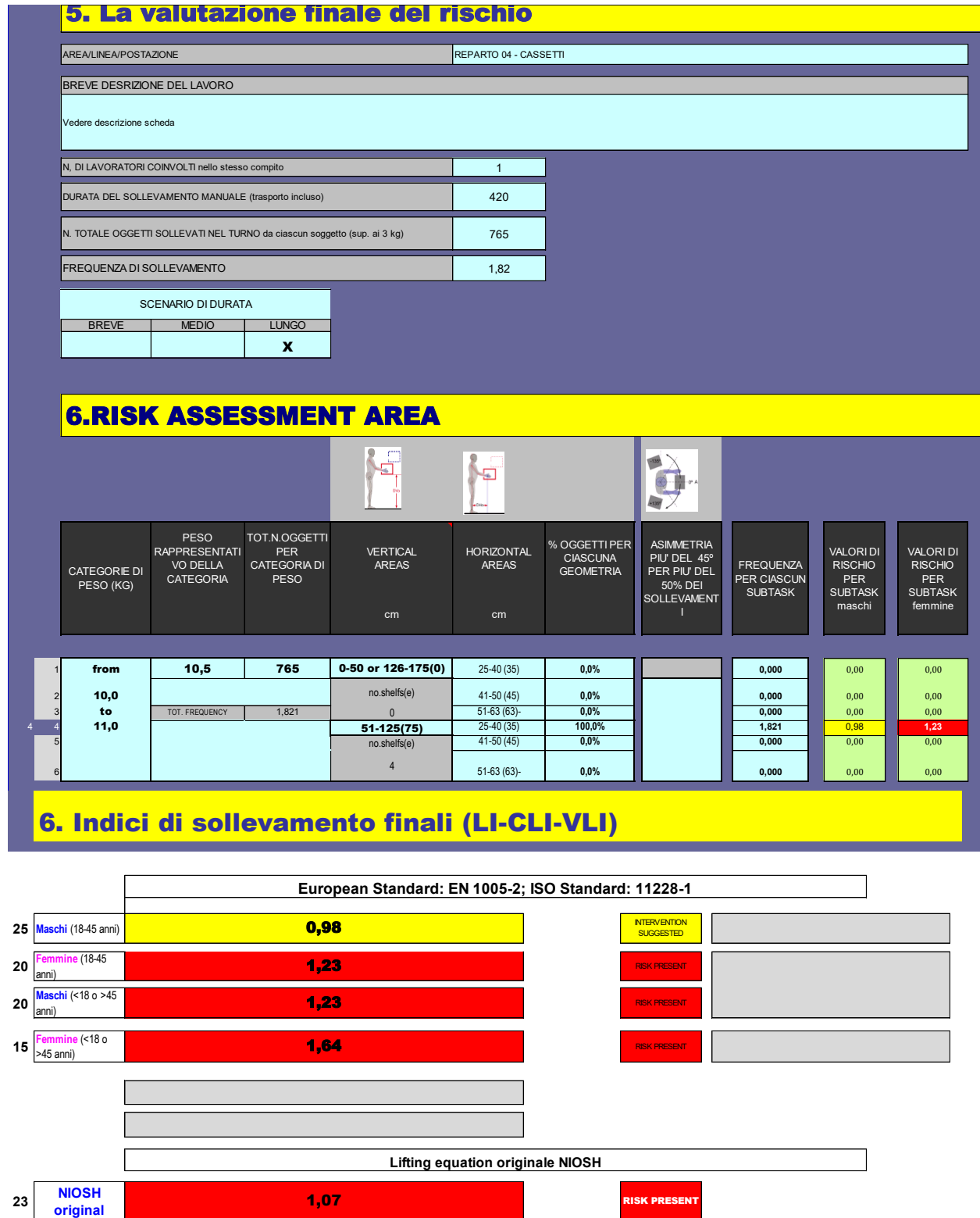


Figura 56: Valutazione finale del rischio del primo operatore con il metodo NIOSH

Al termine della compilazione si evidenzia un rischio lieve relativamente a tale compito svolto dall'operatore preso in considerazione. Per concludere la verifica del primo lavoratore è stato applicato il metodo di Snook-Ciriello per caratterizzare il trasporto del pianale che dovrà essere assemblato.

TRASPORTO

MASCHI altezza delle mani da terra

MALE 110 cm

EVERY 6 sec. (2 m)

Frequenza e distanza percorsa

Peso trasportato

Peso Limite Raccomandato

I.S.R. Trasporto

CALCOLO DELLA MASSA CUMULATA TRASPORTATA E DEL RELATIVO INDICE

minuti sollevamento

420

MASCHI E FEMMINE

	MASSA CUMULATIVA TRASPORTATA (KG)	DISTANZA DEL TRASPORTO (M)	MASSA CUMULATIVA TOLLERATA PER 8 ORE MASSIMO DI LAVORO
8 ore	8032,5	1	10000
1 ora	1147,5	1	4500
1 minuto	19,1	1	75

INDICE (MASSA TRASPORTATA SU MASSA MASSIMA TOLLERATA)
0,80
0,26
0,26

Distanza di trasporto	Frequenza MAX di trasporto	Massa Cumulativa		
		Kg/min	Kg/h	Kg/8h
20	1	15	750	6000
10	2	30	1500	10000
4	4	60	3000	10000
2	5	75	4500	10000

RIFERIMENTI STANDARD
ISO 11228-1

Figura 57: Foglio di calcolo dell'indice sintetico di rischio per il primo operatore

Anche in questo caso è evidente come il valore dell'indice sintetico di rischio, in funzione delle qualità dell'operatore considerato, abbia un valore accettabile che non suggerisce la necessità di un intervento. In definitiva, questa postazione, non risulta essere influenzata da particolari criticità, ed è un aspetto fondamentale da tenere in considerazione al fine di realizzare il layout finale della linea di produzione.

4.3 Operatore addetto all'inserimento delle viti

L'attività seguente si occupa dell'analisi del secondo operatore, in particolare un'operatrice, la quale ha il compito di inserire manualmente la piastrina di sostegno del cestone, che ha la funzione di aumentarne la rigidità strutturale ed evitare l'incurvamento del cestone stesso, e delle tre viti per renderla solidale all'anta e al pianale. La particolarità che contraddistingue questa fase è rappresentata dallo spazio limitato in cui devono essere effettuate queste operazioni, la distanza tra il pianale e il bordo dell'anta è, infatti, solamente di 35 mm e, quindi, le viti devono essere inserite in uno spazio ancora più ridotto a causa della necessità di lasciare uno spazio predefinito, in genere circa 7/8 mm, per consentire la regolazione del cestone a seguito dell'esecuzione del montaggio.



Figura 58: Focus della piastrina e delle viti sul cestone

La valutazione è stata effettuata in maniera analoga al primo operatore, partendo dal RULA, proseguendo con la Check List OCRA, per analizzare la postura e la ripetitività delle azioni, mentre, a differenza del caso precedente, non sono stati calcolati il Lifting Index e l'Indice sintetico di rischio dato che la massa degli oggetti movimentati (viti e piastrina) è di gran lunga inferiore ai 3 Kg.

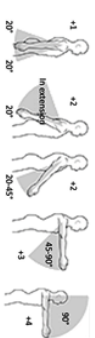


Figura 59: Operatrice addetta all'inserimento delle viti

Nel caso del RULA l'approccio agli arti inferiori è stato analogo all'operatore precedente, l'attività, infatti, non comporta eventuali sbilanciamenti vista l'assenza di carichi elevati in gioco e quindi il peso, in questo caso quello corporeo, è perfettamente bilanciato sulle due gambe.

A. Arm and Wrist Analysis

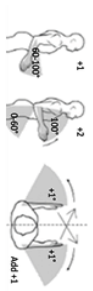
Step 1. Locate Upper Arm Position



Left Right

Step 1a Adjust
If shoulder is raised: -1
If upper arm is abducted: -1
If arm is supported or person is leaning: -1

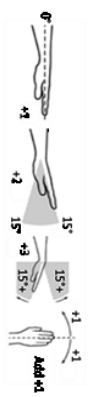
Step 2. Locate Lower Arm Position



Left Right

Step 2a Adjust
If either arm is working across midline or out to side of body: +1

Step 3. Locate Wrist Position:



Left Right

Step 3a Adjust
If wrist is bent from midline: Add +1

Step 4. Wrist Tweak:

If wrist is twisted (in hand range): +1
If wrist is at or near end of range: +2

Left Right

Wrist Tweak Score =

Left Right

Step 5. Leverage Posture Score in Table A:
Using values from steps 1-4 above; locate score in Table A

Table A	Wrist Score			
	1	2	3	4
Upper Arm	1	2	1	2
Lower Arm	2	2	2	2
1	1	2	2	2
2	2	2	2	2
3	3	3	3	3
4	4	4	4	4
5	5	5	5	5
6	6	6	6	6
7	7	7	7	7
8	8	8	8	8
9	9	9	9	9

Table C	Neck, Trunk, Leg Score						
	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	4	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	4	5	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Scoring (final score from Table C)
1-2 Acceptable posture
3-4 Further investigation, change may be needed
5-6 Further investigation, change soon
7 Investigate and implement change

Force / Load Score =

Left Right

Force / Load Score =

Left Right

Wrist & Arm Score =

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9. Locate Neck Position:



Neck Score

Step 9a Adjust
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: -1

Step 10. Locate Trunk Position:



Trunk Score

Step 10a Adjust
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: -1

Step 11. Legs:

If legs and feet are supported: +1
If not: -2

Leg Score

Table B	Trunk Posture Score					
	1	2	3	4	5	6
Posture Score	1	2	1	2	1	2
1	1	2	3	4	5	6
2	2	3	3	4	5	6
3	3	3	3	4	5	6
4	5	5	6	7	7	8
5	7	7	7	8	8	8
6	8	8	8	8	8	9

Step 12. Leverage Posture Score in Table B:
Using values from steps 9-11 above; locate score in Table B

Posture Score B

Force Score B =

Neck Use Score

Force / Load Score =

Neck, Trunk and Leg Score =

Step 13. Add Muscle Use Score
If posture mainly static (i.e. held >10 minutes), or if action repeated occurs <4X per minute: +1
Step 14. Add Force/Load Score
If load < 2 kg (in intermittent): +0
If load 2 to 10 kg (in intermittent): +1
If load 2 to 10 kg (static or repeated): +2
If more than 10 kg or repeated or shocks: +3

Step 15. Final Column in Table C
Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

Neck, Trunk and Leg Score

Figura 60: Foglio di calcolo RULA della seconda operatrice

È evidente l'asimmetria della postura assunta dall'operatore, i valori del lato destro e del lato sinistro sono molto diversi, ovvero 5 per quello che si occupa dell'avvitatura e 3 per l'altro. Quindi, la criticità dell'operazione di inserimento delle viti è chiara, a tal punto da suggerire un intervento tempestivo che miri a rendere più idonee le posture che interessano tale postazione di lavoro, nonostante inizialmente non fosse contemplata tra le attività a rischio. I fattori che determinano tali score possono essere individuati nella flessione del braccio di un angolo maggiore a 90°, nell'abduzione del braccio e nella flessione del gomito di un angolo maggiore a 90°. Successivamente, per completare l'analisi di tale attività, è stato compilato il foglio di calcolo della Check List OCRA al fine di mettere in risalto la natura ripetitiva del compito.

Valutazione automatica dei compiti ripetitivi con checklist OCRA modello tradizionale

a cura di Daniela Colombini, Enrico Occhipinti, Marco Ceribai, Marco Tasso - Unità di Ricerca EPM Milano

Azienda	Lube Industrie srl	Reparto	Montaggio - Linea Fori e costoli
Linea/postazione/compilo		N. Addetti	1
Breve descrizione del compito	Vedere descrizione scheda		

PRESENZA DI COMPITO RIPETITIVO = il termine non e' sinonimo di presenza di rischio. La checklist va applicata quando il compito e' organizzato a cicli, indipendentemente dalla loro durata, o quando il compito e' caratterizzato dalla ripetizione degli stessi

SI	<input checked="" type="checkbox"/>
NO	<input type="checkbox"/>

a. SINTESI DELLA DURATA NETTA DEI LAVORI RIPETITIVI IN GIORNATA MEDIA RAPPRESENTATIVA

DURATA TURNO (min) LORDA	480	DURATA TURNO (min) EFFETTIVA	460
DURATA LAVORI NON RIPETITIVI (pulizie, approvvigionamenti,.....) in minuti			40
N. PAUSE EFFETTIVE NEL TURNO (O ALTRE INTERRUZIONI COSTANTI DI ATTIVITA' DEGLI ARTI SUPERIORI), DI DURATA UGUALE O SUPERIORE A 8 MINUTI), ESCLUSA PAUSA MENSA considerabili come recuperi			7
NOTE			
DURATA (in minuti) EFFETTIVA COMPLESSIVA DI TUTTE LE PAUSE O ALTRE INTERRUZIONI DI ATTIVITA' DEGLI ARTI SUPERIORI (COSTANTI E DI DURATA CONSECUTIVA DI ALMENO 8 MINUTI); ESCLUDERE LA PAUSA MENSA			56
NOTE			
DURATA EFFETTIVA PAUSA MENSA SE PRESENTE INTERNA AL TURNO (RETRIBUITA) in minuti			0
SE ESISTE UNA PAUSA MENSA DI ALMENO 30 MINUTI (NON RETRIBUITA, FUORI ORARIO DI LAVORO) O ALTRE INTERRUZIONI DI ATTIVITA' (COME TRASFERIMENTI IN ALTRE SEDI DELLA DURATA DI PIU' DI 30 MINUTI), INDICARNE IL NUMERO.			1
Ci sono veri e propri cicli: scrivere il numero dei pezzi/lavoratore/turmo	680	Durata media NETTA nel turno del lavoro ripetitivo (in minuti)	364
Ci sono veri e propri cicli: scrivere il tempo di ciclo osservato (in secondi)	2		
TUTTI I CICLI veri e propri ripetitivi sempre le stesse azioni: scrivere (in secondi), il tempo di osservazione rappresentativo scelto		DURATA del TEMPO TOTALE NETTO DI CICLO calcolato o CADENZA (secondi)	32,1
sono presenti tempi di recupero interni al ciclo	SI	% differenza fra tempo di ciclo osservato e tempo di ciclo raccomandato	94%
		minuti non giustificati	341

CALCOLO AUTOMATICO
N. ORE SENZA ADEGUATO RECUPERO
0
MOLTIPLICATORE RECUPERO
1,000

CALCOLO MANUALE
N. ORE SENZA ADEGUATO RECUPERO

0,95

b. BREVE DESCRIZIONE DEL TURNO MEDIO DI LAVORO E DELLE PAUSE

c. VALUTAZIONE DEI PRINCIPALI FATTORI DI RISCHIO E PRIORITA' NEGLI INTERVENTI MIGLIORATIVI (descrivere il lato peggiore o entrambi se il lavoro è simmetrico)

Lato esaminato	DX	<input checked="" type="checkbox"/>	SX	<input type="checkbox"/>	BIL	<input type="checkbox"/>
FREQUENZA: azioni dinamiche	Indicare il numero delle azioni tecniche osservate separatamente per l'arto destro e sinistro.		N. AZIONI		FREQUENZA	
	destro	12	22,4	sinistro	0	-
	Se le azioni sono molto rapide e difficili da contare (> 70az/min), apporre una "X" nella casella, senza contare le azioni tecniche			sinistro		
	destro					
	SONO POSSIBILI BREVI INTERRUZIONI (il ritmo non è completamente imposto dalla macchina)		NO	SI		
			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
FREQUENZA: azioni statiche	è mantenuto un oggetto in presa statica per una durata di almeno 5sec., che occupa 2/3 del tempo ciclo o del periodo di osservazione;		NO	SI		
			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	è mantenuto un oggetto in presa statica per una durata di almeno 5 sec., che occupa 3/3 del tempo ciclo o del periodo di osservazione		NO	SI		
			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

FREQUENZA

PIRTEGGIO FREQUENZA

0	0
DX	SX

SPALLA	GOMITO	POLSO	MANO
BRACCIO ALTO	FLESSO-ESTENSIONI E PRONO SUPINAZIONI	FLESSO-ESTENSIONI E DEVIAZIONI RADIO-ULNARE	PRESE DELLA MANO INCONGRUE (PINCH, UNCINO, PALMARE)

POSTURE INCONGRUE DEGLI ARTI SUP. A DX	MENO DI 1/3 DEL TEMPO		CIRCA 1/3 DEL TEMPO		CIRCA META' DEL TEMPO		CIRCA 2/3 DEL TEMPO		CIRCA TUTTO IL TEMPO	
						X				
STEREOT.	durata del ciclo	sup. 15 sec			tra i 9 e i 15 sec.			uguale o inferiore a 8 sec.	X	
	ripetere sempre le stesse azioni tecniche				buona parte del tempo (più della metà)			pressochè tutto il tempo	X	

DX

0
8
0
0
3
3
11

P. POSTURA DX

POSTURE INCONGRUE DEGLI ARTI SUP. A SX	MENO DI 1/3 DEL TEMPO		CIRCA 1/3 DEL TEMPO		CIRCA META' DEL TEMPO		CIRCA 2/3 DEL TEMPO		CIRCA TUTTO IL TEMPO	
STEREOT.	durata del ciclo	sup. 15 sec			tra i 9 e i 15 sec.			uguale o inferiore a 8 sec.		
	ripetere sempre le stesse azioni tecniche				buona parte del tempo (più della metà)			pressochè tutto il tempo		

SX

0
1
0
0
0
0
1

P. POSTURA SX

		MENO DI 1/3 DEL TEMPO	CIRCA 1/3 DEL TEMPO	CIRCA META' DEL TEMPO	CIRCA 2/3 DEL TEMPO	CIRCA TUTTO IL TEMPO	7						
FORZA LATO DESTRO	uso di forza moderata in uso attrezzi o ogni altra azione lavorativa						6		0				
	picchi di forza FORTE (Borg 5-6-7) in uso attrezzi o ogni altra azione lavorativa		intorno all'1% del tempo		intorno al 5% del tempo	intorno al 10% del tempo e oltre			0				
	picchi di forza INTENSA (Borg 8-9-10) in uso attrezzi o ogni altra azione lavorativa		intorno all'1% del tempo		intorno al 5% del tempo	intorno al 10% del tempo e oltre			0				
	NOTE SULL'USO DELLA FORZA								0				
FORZA LATO SINISTRO	uso di forza moderata in uso attrezzi o ogni altra azione lavorativa						6		0				
	picchi di forza FORTE (Borg 5-6-7) in uso attrezzi o ogni altra azione lavorativa		intorno all'1% del tempo		intorno al 5% del tempo	intorno al 10% del tempo e oltre			0				
	picchi di forza INTENSA (Borg 8-9-10) in uso attrezzi o ogni altra azione lavorativa		intorno all'1% del tempo		intorno al 5% del tempo	intorno al 10% del tempo e oltre			0				
	NOTE SULL'USO DELLA FORZA								0				
								DX	SX				
COMPLEM.	uso martelli, mazze per colpire	più della metà del tempo											
RISCHI FISICI	uso delle mani per dare colpi	frequenza di almeno 10 volte/ora											
	uso strumenti vibranti (MARTELLI PNEUMATICI, FRESE EDC E AVVITATORI SE DETERMINANO CONTRACCOLPI)	almeno 1/3 del tempo											
	altro: indicare solo quelli elencati nel foglio di commento allegato	uso di avvitatori			descrivere nella parte in bianco a sinistra il fattore o i fattori presenti e barrare la casella/a a destra		X						
COMPLEM. ORGANIZZATIVI	ritmo imposto dalla macchina	ritmo imposto con possibilità di modulazione	X	ritmo imposto: lavoro su linea in scorrimento a velocità molto lenta		ritmo imposto senza possibilità di modulazione su linea in movimento			1				
NOTE:									PUNTEGGIO COMPLEM				
									3	1			
d. PUNTEGGIO FINALE CHECKLIST OCRA, PONDERATO PER LA DURATA													
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;"> PUNTEGGIO FINALE PARZIALE indipendente da recupero e durata DESTRO: 14 SINISTRO: 2 PUNTEGGIO FINALE INTRINSECO indice indipendente durata DESTRO: 14,0 SINISTRO: 2,0 </td> <td style="width: 70%; text-align: center;"> PUNTEGGIO FINALE PONDERATO PER DURATA NETTA DESTRO: 13,30 SINISTRO: 1,90 </td> </tr> </table>											PUNTEGGIO FINALE PARZIALE indipendente da recupero e durata DESTRO: 14 SINISTRO: 2 PUNTEGGIO FINALE INTRINSECO indice indipendente durata DESTRO: 14,0 SINISTRO: 2,0	PUNTEGGIO FINALE PONDERATO PER DURATA NETTA DESTRO: 13,30 SINISTRO: 1,90	
PUNTEGGIO FINALE PARZIALE indipendente da recupero e durata DESTRO: 14 SINISTRO: 2 PUNTEGGIO FINALE INTRINSECO indice indipendente durata DESTRO: 14,0 SINISTRO: 2,0	PUNTEGGIO FINALE PONDERATO PER DURATA NETTA DESTRO: 13,30 SINISTRO: 1,90												
RIASSUNTO DELLA CHECKLIST													
denominazione	moltiplicatore recupero	recupero	frequenza	forza	lato	spalla	gomito	polso	mano	stercotipia	totale postura	complem.	checklist OCRA
Vedere descrizione scheda	1,000	0	0	0	DX	8	0	0	0	3	11	3	13,30
Vedere descrizione scheda	1,000	0	0	0	SX	1	0	0	0	3	4	1	1,90
DISTRIBUZIONE DELLE PAUSE													
<input type="text" value=""/> <input type="text" value=""/> <input type="text" value=""/> <input type="text" value=""/> <input type="text" value=""/> <input type="text" value=""/> <input type="text" value=""/> <input type="text" value=""/> <input type="text" value=""/> <input type="text" value=""/>													
inizio turno													
fine turno													

Figura 61: Foglio di calcolo OCRA per la seconda operatrice

Dal punto di vista della ripetitività, il rischio è presente ma non è esageratamente alto; l'analisi è stata condotta solo sull'arto destro, a causa dell'asimmetria a cui è soggetta tale operazione, dato che la Check List va compilata in riferimento all'arto che mostra maggiori criticità. In definitiva, tale postazione, a seguito dell'analisi ergonomica condotta, ma anche su richiesta dell'operatrice stessa a seguito di un'intervista per capire meglio le difficoltà incontrate nell'attività, necessita di un intervento immediato.

4.4 Operatore addetto al carico dei cestoni sui carrelli

L'ultimo operatore oggetto dell'analisi è stato il terzo, il quale, si occupa dell'inserimento delle spondine laterali sul pianale e, successivamente, del carico del cestone sul carrello che verrà poi movimentato all'interno dell'impianto, in particolare, spedito al reparto di assemblaggio. Questa figura è estremamente complessa da valutare data la grande variabilità dei prodotti realizzati in termini di dimensioni e peso durante il singolo turno lavorativo, ma anche a causa della differenza di altezza dell'apposito sito di deposito sul carrello stesso che è dotato, a seconda delle sue dimensioni, di 8 scomparti per i cestoni da 120 cm, 16 per quelli da 90 cm e 60 cm e 24 per i cestelli da 45 cm. Il peso della cassa assemblata è stato definito mediante pesatura diretta con bilancia e il prelievo del cestone avviene ad un'altezza pari ad 80 cm. Tale studio, in particolare, si occupa dell'individuazione dei rischi a seguito della movimentazione dei prodotti da 90 cm e 120 cm, i quali hanno una massa rispettivamente pari a 15 Kg e 17 Kg, i quali comportano un ingente sforzo per garantire il loro spostamento. Inoltre, l'altezza alla quale devono essere depositati varia tra un minimo di 40 cm ad un massimo di 170 cm, motivo per cui l'operatore è costretto ad assumere posture assolutamente incongrue e gravose sulla salute del lavoratore stesso. Nello specifico, sono state analizzate le due posizioni assunte dall'uomo in assoluto più critiche, ovvero quelle di carico del cestone nella posizione di inserimento più in basso e in quella più in alto. Anche in questo caso, come nei casi precedenti, i metodi utilizzati per l'analisi sono il RULA, la Check List OCRA e i metodi NIOSH e Snook-Ciriello in modo da valutare tutti gli aspetti che incidono nella determinazione della criticità della postazione, quali le posture, la ripetitività e la movimentazione manuale di carichi ingenti.

La prima posizione analizzata è stata quella di inserimento del cestone nello scompartimento più in basso del carrello.



Figura 62: Operatore addetto al carico dei carrelli - Postura 1

A. Arm and Wrist Analysis

Step 1. Locate Upper Arm Position

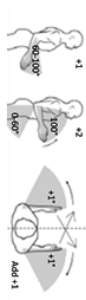


Step 1a Adjust

- If shoulder is raised: +1
- If upper arm is abducted: +1
- If arm is supported or person is leaning: -1

Left	2	Right	2
Upper Arm Score			

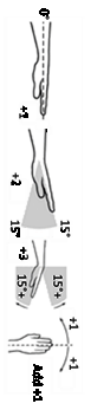
Step 2. Locate Lower Arm Position



- If either arm is working across midline or out to side of body: +1

Left	3	Right	3
Lower Arm Score			

Step 3. Locate Wrist Position



- If wrist is bent from midline: Add +1

Left	2	Right	2
Wrist Score			

Step 4. Wrist Tonic

- If wrist is twisted in mid-range: +1
- If wrist is at or near end of range: -2

Left	1	Right	1
Wrist Tonic Score			

- Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A

Left	4	Right	4
------	---	-------	---

Step 5. Add Muscle Use Score

- If posture mainly static (i.e. held >10 minutes), Or if action repeated occurs >4x per minute: +1

Left	0	Right	0
------	---	-------	---

Step 7. Add Force/Load Score

- If load < 2 kg (intermittent): -0
- If load 2 to 10 kg (intermittent): -1
- If load 2 to 10 kg (static or repeated): -2
- If more than 10 kg or repeated or shocks: +3

Left	2	Right	2
Force / Load Score			

Step 8. Final Row in Table C

- Add values from steps 5-7 to obtain Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

Left	6	Right	6
Wrist & Arm Score			

Table A		Wrist Score			
Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist	Wrist	Wrist
1	1	2	2	2	3
2	2	2	2	2	3
3	3	3	3	3	4
4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6

Table B		Neck, Trunk, Leg Score					
Posture Score	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs
1	1	2	3	4	5	6	7+
2	2	3	4	5	6	7	7
3	3	4	5	6	7	7	7
4	4	5	6	7	7	7	7
5	5	6	7	7	7	7	7
6	6	7	7	7	7	7	7

Table C		Neck, Trunk, Leg Score					
Wrist / Arm Score	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	4	5	6	7
2	2	3	4	5	6	7	7
3	3	4	5	6	7	7	7
4	4	5	6	7	7	7	7
5	4	4	5	6	7	7	7
6	4	4	5	6	7	7	7
7	5	5	6	7	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Scoring: final score from Table C
 1-2: Acceptable posture
 3-4: Further investigation, change may be needed
 5-6: Further investigation, change soon
 7: Investigate and implement change

Left	7	Right	7
RULA Score			

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9. Locate Neck Position



Step 9a Adjust

- If neck is twisted: +1
- If neck is side bending: +1

Neck Score	4
------------	---

Step 10. Locate Trunk Position



- If trunk is twisted: +1
- If trunk is side bending: +1

Trunk Score	4
-------------	---

Step 11. Legs

- If legs and feet are supported: +1
- If not: -2

Leg Score	2
-----------	---

Table B		Trunk Posture Score					
Posture Score	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs
1	1	2	1	2	1	2	1
2	2	3	2	3	4	5	6
3	3	4	3	4	5	6	7
4	4	5	4	5	6	7	8
5	5	6	5	6	7	8	8
6	6	7	6	7	8	8	8

- Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B

Posture Score B	7
-----------------	---

Step 13. Add Muscle Use Score

- If posture mainly static (i.e. held >10 minutes), Or if action repeated occurs >4x per minute: +1

Muscle Use Score	0
------------------	---

Step 14. Add Force/Load Score

- If load < 2 kg (intermittent): -0
- If load 2 to 10 kg (intermittent): -1
- If load 2 to 10 kg (static or repeated): -2
- If more than 10 kg or repeated or shocks: +3

Force / Load Score	3
--------------------	---

Step 15. Final Column in Table C

- Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

Neck, Trunk and Leg Score	10
---------------------------	----

Figura 63: Foglio di calcolo RULA per il terzo operatore – Postura 1

I risultati confermano ampiamente le aspettative, la postazione, in termini posturali, è estremamente critica, l'incurvatura della schiena, l'estensione del collo, la flessione degli arti sono tutti gli elementi che concorrono a rendere tale attività assolutamente rischiosa. Inoltre, come evidenziato dalla Check List OCRA, è caratterizzata da una ripetitività con un tasso di rischio non esageratamente elevato, ma che assieme ai problemi di postura, la rendono assolutamente insostenibile. I valori individuati, infatti, sono per entrambi i lati pari a 13,30, una operazione simmetrica, che quindi è caratterizzata perlopiù dalla necessità di assumere posizioni degenerative in termini di salute.

Valutazione automatica dei compiti ripetitivi con checklist OCRA modello tradizionale

a cura di Daniela Colombini, Enrico Occhipinti, Marco Corbelli, Marco Tasso - Unità di Ricerca EPM Milano

Azienda: <input type="text" value="Lube Industrie srl"/>	Reparto: <input type="text" value="Montaggio - Linea Forni e cestelli"/>
Linea/postazione/compilo: <input type="text"/>	N. Addetti: <input type="text" value="1"/>
Breve descrizione del compito: <input type="text" value="Vedere descrizione scheda"/>	

PRESENZA DI COMPITO RIPETITIVO = il termine non e' sinonimo di presenza di rischio. La checklist va applicata quando il compito e' organizzato a cicli, indipendentemente dalla loro durata, o quando il compito e' caratterizzato dalla ripetizione degli stessi

SI	<input checked="" type="checkbox"/>
NO	<input type="checkbox"/>

a. SINTESI DELLA DURATA NETTA DEI LAVORI RIPETITIVI IN GIORNATA MEDIA RAPPRESENTATIVA

DURATA TURNO (min) LORDA	480	DURATA TURNO (min) EFFETTIVA	460
DURATA LAVORI NON RIPETITIVI (pulizie, approvigionamenti.....) in minuti	40		
N. PAUSE EFFETTIVE NEL TURNO (O ALTRE INTERRUZIONI COSTANTI DI ATTIVITA' DEGLI ARTI SUPERIORI), DI DURATA UGUALE O SUPERIORE A 8 MINUTI, ESCLUSA PAUSA MENSA considerabili come recuperi	7		
NOTE			
DURATA (in minuti) EFFETTIVA COMPLESSIVA DI TUTTE LE PAUSE O ALTRE INTERRUZIONI DI ATTIVITA' DEGLI ARTI SUPERIORI (COSTANTI E DI DURATA CONSECUTIVA DI ALMENO 8 MINUTI); ESCLUDERE LA PAUSA MENSA	56		
NOTE			
DURATA EFFETTIVA PAUSA MENSA SE PRESENTE INTERNA AL TURNO (RETRIBUITA) in minuti	0		
SE ESISTE UNA PAUSA MENSA DI ALMENO 30 MINUTI (NON RETRIBUITA, FUORI ORARIO DI LAVORO) O ALTRE INTERRUZIONI DI ATTIVITA' (COME TRASFERIMENTI IN ALTRE SEDI DELLA DURATA DI PIU' DI 30 MINUTI), INDICARNE IL NUMERO.	1		
Ci sono veri e propri cicli: scrivere il numero dei pezzi/lavoratore/turno	30	Durata media NETTA nel turno del lavoro ripetitivo (in minuti)	364
Ci sono veri e propri cicli: scrivere il tempo di ciclo osservato (in secondi)	5		
Non ci sono veri cicli ma si ripetono sempre le stesse azioni: scrivere (in secondi), il tempo di osservazione rappresentativo scelto	5	DURATA del TEMPO TOTALE NETTO DI CICLO calcolato o CADENZA (secondi)	728,0
sono presenti tempi di recupero interni al ciclo	SI	% differenza fra tempo di ciclo osservato e tempo di ciclo raccomandato	99%
		minuti non giustificati	362

CALCOLO AUTOMATICO
N. ORE SENZA ADEGUATO RECUPERO
0
MOLTIPLICATORE RECUPERO
1,000

CALCOLO MANUALE
N. ORE SENZA ADEGUATO RECUPERO
0,95

b. BREVE DESCRIZIONE DEL TURNO MEDIO DI LAVORO E DELLE PAUSE

c. VALUTAZIONE DEI PRINCIPALI FATTORI DI RISCHIO E PRIORITA' NEGLI INTERVENTI MIGLIORATIVI (descrivere il lato peggiore o entrambi se il lavoro è simmetrico)

Lato esaminato	DX	SX	BIL	X
		NAZIONI	NAZIONI	FREQUENZA
FREQUENZA: azioni dinamiche	Indicare il numero delle azioni tecniche osservate separatamente per l'arto destro e sinistro. Se le azioni sono molto rapide e difficili da contare (> 70az/min), apporre una "X" nella casella, senza contare le azioni tecniche	destro	4	0,3
		destro	sinistro	4
			sinistro	0,3
	SONO POSSIBILI BREVI INTERRUZIONI (il ritmo non è completamente imposto dalla macchina)	NO	SI	
				X
FREQUENZA: azioni statiche	è mantenuto un oggetto in presa statica per una durata di almeno 5sec., che occupa 2/3 del tempo ciclo o del periodo di osservazione; è mantenuto un oggetto in presa statica per una durata di almeno 5 sec., che occupa 3/3 del tempo ciclo o del periodo di osservazione	DESTRO	SINISTRO	
		NO	SI	
				X
				X

FREQUENZA
0 **0**
PUNTEGGIO FREQUENZA
DX SX

SPALLA	GOMITO	POLSO	MANO
BRACCIO ALTO	FLESSO-ESTENSIONI E PRONO SUPINAZIONI	FLESSO-ESTENSIONI E DEVIAZIONE RADIO-ULNARE	PRESE DELLA MANO INCONGRUE (PINCH, UNCINO, PALMARE)

POSTURE INCONGRUE DEGLI ARTI SUP. A DX		MENO DI 1/3 DEL TEMPO	CIRCA 1/3 DEL TEMPO	CIRCA META' DEL TEMPO	CIRCA 2/3 DEL TEMPO	CIRCA TUTTO IL TEMPO
	mano in presa pinch o palmare o uncino (non in grip)				X	
	braccio quasi ad altezza spalla					
	deviazioni estreme del polso					
	rotazione completa di oggetti o esegue ampie flessi-estensioni del gomito		X			
STEREOT.	durata del ciclo	sup. 15 sec		tra i 9 e i 15 sec.		uguale o inferiore a 8 sec.
	ripetere sempre le stesse azioni tecniche			buona parte del tempo (più della metà)		pressoché tutto il tempo

DX
4
1
0
2
3
3
7
P. POSTURA DX

POSTURE INCONGRUE DEGLI ARTI SUP. A SX		MENO DI 1/3 DEL TEMPO	CIRCA 1/3 DEL TEMPO	CIRCA META' DEL TEMPO	CIRCA 2/3 DEL TEMPO	CIRCA TUTTO IL TEMPO
	mano in presa pinch o palmare o uncino (non in grip)				X	
	braccio quasi ad altezza spalla					
	deviazioni estreme del polso					
	rotazione completa di oggetti o esegue ampie flessi-estensioni del gomito		X			
STEREOT.	durata del ciclo	sup. 15 sec		tra i 9 e i 15 sec.		uguale o inferiore a 8 sec.
	ripetere sempre le stesse azioni tecniche			buona parte del tempo (più della metà)		pressoché tutto il tempo

SX
4
1
0
2
3
3
7
P. POSTURA SX


		MENO DI 1/3 DEL TEMPO	CIRCA 1/3 DEL TEMPO	CIRCA META' DEL TEMPO	CIRCA 2/3 DEL TEMPO	CIRCA TUTTO IL TEMPO	7																																																														
FORZA LATO DESTRO	uso di forza moderata in uso attrezzi o ogni altra azione lavorativa				X		6																																																														
	picchi di forza FORTE (Borg 5-6-7) in uso attrezzi o ogni altra azione lavorativa		intorno all'1% del tempo		intorno al 5% del tempo	intorno al 10% del tempo e oltre																																																															
	picchi di forza INTENSA (Borg 8-9-10) in uso attrezzi o ogni altra azione lavorativa		intorno all'1% del tempo		intorno al 5% del tempo	intorno al 10% del tempo e oltre																																																															
NOTE SULL'USO DELLA FORZA								6	P. FORZA DX																																																												
FORZA LATO SINISTRO	uso di forza moderata in uso attrezzi o ogni altra azione lavorativa				X		6																																																														
	picchi di forza FORTE (Borg 5-6-7) in uso attrezzi o ogni altra azione lavorativa		intorno all'1% del tempo		intorno al 5% del tempo	intorno al 10% del tempo e oltre																																																															
	picchi di forza INTENSA (Borg 8-9-10) in uso attrezzi o ogni altra azione lavorativa		intorno all'1% del tempo		intorno al 5% del tempo	intorno al 10% del tempo e oltre																																																															
NOTE SULL'USO DELLA FORZA								6	P. FORZA SX																																																												
							DX	SX																																																													
COMPLEM. RISCHI FISICI	uso martelli, mazze per colpire	più della metà del tempo																																																																			
	uso delle mani per dare colpi	frequenza di almeno 10 volte/ora																																																																			
	uso strumenti vibranti (MARTELLI PNEUMATICI, FRESE EGG E AVVITATORI SE DETERMINANO CONTRACCOLPI)	almeno 1/3 del tempo																																																																			
	altro: indicare solo quelli elencati nel foglio di commento allegato	descrivere nella parte in bianco a sinistra il fattore o i fattori presenti e barrare la casella/a a destra																																																																			
COMPLEM. ORGANIZZATIVI	ritmo imposto dalla macchina	ritmo imposto con possibilità di modulazione	X	ritmo imposto: lavoro su linea in scorrimento a velocità molto lenta		ritmo imposto senza possibilità di modulazione su linea in movimento		1																																																													
NOTE:									1	1																																																											
d. PUNTEGGIO FINALE CHECKLIST OCRA, PONDERATO PER LA DURATA																																																																					
<table border="0"> <tr> <td colspan="2">PUNTEGGIO FINALE PARZIALE indipendente da recupero e durata</td> <td colspan="8">PUNTEGGIO FINALE PONDERATO PER DURATA NETTA</td> </tr> <tr> <td>DESTRO</td> <td>14</td> <td colspan="8">DESTRO 13,30</td> </tr> <tr> <td>SINISTRO</td> <td>14</td> <td colspan="8">SINISTRO 13,30</td> </tr> <tr> <td colspan="2">PUNTEGGIO FINALE INTRINSECO indice indipendente durata</td> <td colspan="8"></td> </tr> <tr> <td>DESTRO</td> <td>14,0</td> <td colspan="8"></td> </tr> <tr> <td>SINISTRO</td> <td>14,0</td> <td colspan="8"></td> </tr> </table>										PUNTEGGIO FINALE PARZIALE indipendente da recupero e durata		PUNTEGGIO FINALE PONDERATO PER DURATA NETTA								DESTRO	14	DESTRO 13,30								SINISTRO	14	SINISTRO 13,30								PUNTEGGIO FINALE INTRINSECO indice indipendente durata										DESTRO	14,0									SINISTRO	14,0								
PUNTEGGIO FINALE PARZIALE indipendente da recupero e durata		PUNTEGGIO FINALE PONDERATO PER DURATA NETTA																																																																			
DESTRO	14	DESTRO 13,30																																																																			
SINISTRO	14	SINISTRO 13,30																																																																			
PUNTEGGIO FINALE INTRINSECO indice indipendente durata																																																																					
DESTRO	14,0																																																																				
SINISTRO	14,0																																																																				
RIASSUNTO DELLA CHECKLIST																																																																					
denominazione	moltiplicatore recupero	recupero	frequenza	forza	lato	spalla	gomito	polso	mano	stereotipia	totale postura	complem.	checklist OCRA																																																								
Vedere descrizione scheda	1,000	0	0	6	DX	1	2	0	4	3	7	1	13,30																																																								
Vedere descrizione scheda	1,000	0	0	6	SX	1	2	0	4	3	7	1	13,30																																																								
DISTRIBUZIONE DELLE PAUSE																																																																					
inizio turno																																																																					
fine turno																																																																					

Figura 64: Foglio di calcolo OCRA per il terzo operatore – Postura 1

Il passaggio seguente ha riguardato, inoltre, la valutazione della movimentazione dei carichi tramite il metodo NIOSH e Snook-Ciriello, i quali si sono aggiunti ai valori precedenti evidenziando la necessità di impegnarsi nella ricerca di una soluzione migliorativa.

MODELLO SEMPLIFICATO PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA MOVIMENTAZIONE MANUALE DI CARICHI

di
Daniela Colombini, Enrique Alvarez-Casado, Marco Cerbai, Enrico Occhipinti, Marco Placci, Thomas Waters



HELP 1

IMMETTERE TUTTI I DATI ORGANIZZATI PRIMA DI INIZIARE LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO: IN PARTICOLARE DESCRIVERE IL GRUPPO OMOGENEO E SCRIVERE IL NUMERO DEGLI OPERATORI ADDETTI ALLA STESSA LAVORAZIONE

DATA	09/04/2019
AZIENDA	LUBE INDUSTRIES s.r.l.
AREA/REPARTO/LINEA/POSTAZIONE	REPARTO 04 - CASSETTI
DESCRIZIONE DELLA DURATA DEL COMPITO E DELLA SUA DISTRIBUZIONE NEL TURNO	08:00-12:00 / 13:15-17:15
NUMERO DEI LAVORATORI COINVOLTI NELLO STESSO COMPITO/I DI SOLLEVAMENTO MANUALE (un lavoratore o un gruppo omogeneo di lavoratori)	1
BREVE DESCRIZIONE DEL COMPITO E DEL GRUPPO OMOGENEO	Vedere descrizione scheda

1a. KEYS ENTER

SONO SOLLEVATI MANUALMENTE OGGETTI DI PESO UGUALE O SUPERIORE Al 3 Kg?	NO <input type="checkbox"/>	SI <input checked="" type="checkbox"/>
RISULTATO DELLA VALUTAZIONE KEYS ENTER	PROCEDERE CON LA VALUTAZIONE QUICK ASSESSMENT	

1b. QUICK ASSESSMENT

CONDIZIONI CRITICHE

Se fosse presente anche solo una delle condizioni citate, il rischio va considerato elevato ed è necessario procedere al più presto alla riprogettazione del compito.

		SI	NO
DISTANZA VERTICALE	Più di 175 cm		X
DISLOCAZIONE VERTICALE	più di 175 cm		X
DISTANZA ORIZZONTALE	più di 63cm		X
ASIMMETRIA (rotazioni del tronco)	più di 135 gradi		X
Frequency	superiore o uguale a 13 v/min in DURATA BREVE		X
	superiore o uguale a 11 v/min in DURATA MEDIA		X
	superiore o uguale a 9 v/min in DURATA LUNGA		X
PRESENZA DI PESI MAGGIORI DEI MASSIMI RACCOMANDATI SOLLEVATI DA UNA PERSONA			
uomini (18-45 anni)	25 KG		X
donne (18-45 anni)	20 KG		X
uomini (<18 o >45 anni)	20 KG		X
donne (<18 o >45 anni)	15 KG		X
NB Costanti di peso massime, sollevate da una sola persona con entrambi gli arti superiori			

HELP N.1

Rispondere alle domande presenti nei 2 box usando una "X".

Se una sola X è presente nel BOX "ROSSO" la postazione presenta alto rischio: sono presenti CONDIZIONI CRITICHE

Se una sola X è presente nel BOX "VERDE" nella colonna dei SI procedere comunque con la valutazione analitica.

Se TUTTE le condizioni presenti nel BOX VERDE sono soddisfatte da un NO, il rischio risulta accettabile. In questo caso non sarà necessario procedere con altre valutazioni.

CONDIZIONI DI ACCETTABILITA'

Se tutte le seguenti condizioni sono presenti, il rischio sarà ACCETTABILE e non sarà necessario alcun altro intervento

		SI	NO
Carico da 3,0 a 5,0 Kg	Rotazione del tronco assente	X	
	Carico mantenuto vicino al corpo	X	
	Dislocazione verticale del carico compresa tra le spalle e le anche		X
	Massima frequenza 5 sollevamenti/minuto	X	
Carico da 5,1 a 10,5 Kg	Rotazione del tronco assente	X	
	Carico mantenuto vicino al corpo	X	
	Dislocazione verticale del carico compresa tra le spalle e le anche		X
	Massima frequenza 1 sollevamenti/minuto		X
Carico più di 10,5 Kg	Non sono presenti pesi superiori a 10,5 Kg		X

RISULTATO FINALE DELLA VALUTAZIONE			
------------------------------------	--	--	--

1c. CARATTERISTICHE DELL'AMBIENTE E DEGLI OGGETTI SOLLEVATI

LE CARATTERISTICHE DELL'AMBIENTE DI LAVORO NON SONO ADATTE AL SOLLEVAMENTO E TRASPORTO MANUALE PERCHE' PRESENTI LE SEGUENTI CONDIZIONI				
presenza di alte temperature	si		no	X
pavimento scivoloso o sconnesso	si		no	X
uso di scale	si		no	X
spazi di lavoro e di transito molto ristretti	si		no	X
LE CARATTERISTICHE DELL'OGGETTO MANIPOLATO IN SOLLEVAMENTO O TRASPORTO NON SONO ADATTE AL SOLLEVAMENTO E TRASPORTO MANUALE PERCHE' PRESENTI LE SEGUENTI CONDIZIONI				
la forma e la grandezza dell'oggetto riducono la visibilità dell'operatore durante la sua movimentazione	si		no	X
il centro di gravità dell'oggetto è instabile e oscilla durante la movimentazione (liquidi, polveri ecc)	si		no	X
l'oggetto movimentato presenta spigoli e/o margini e/o protrusioni taglienti e/o acuminati che possono provocare lesioni	si	X	no	
la superficie di contatto dell'oggetto è troppo fredda	si		no	X
presenza di alte temperature	si		no	X

2. DESCRIZIONE DEGLI OGGETTI SOLLEVATI MANUALMENTE

Azienda: LUBE INDUSTRIES s.r.l.

Area/linea / postazione: REPARTO 04 - CASSETTI

N. di lavoratori che svolgono lo stesso compito (un lavoratore o un gruppo omogeneo): 1 (a)

Breve descrizione del lavoro svolto dal lavoratore o dal gruppo omogeneo:
Vedere descrizione scheda

Dati produttivi sugli oggetti sollevati (peso superiore ai 3 kg) da tutto il gruppo omogeneo dei lavoratori, in un turno

da	a	(a)		(b)		calcolo della Massa Cumulata (ISO 11228-1)	Categorie	N. oggetti	pesi medi per categoria (Kg)	% oggetti sollevati per categoria	% PESI TRASPORTATI per calcolo peso cumulato	MASSA CUMULATA TRASPORTATA NEL TURNO	(c) classe di peso prevalentemente sollevata da più operatori: SCRIVERE IL N. DI OPERATORI	(d) categoria di peso sollevata da un solo arto		
		peso del carico (Kg.)	sollevati nel turno da tutto il gruppo omogeneo	N. di sollevamenti per ciascun oggetto	N. di oggetti realmente sollevati da tutto il gruppo omogeneo										Da	a
da 3 a 3,99	3,5															
da 4 a 4,99	4,5															
da 5 a 5,99	5,5															
da 6 a 6,99	6,5															
da 7 a 7,99	7,5	80	1	80,0	600		C1	7,0	8,0	80,0	7,5	10,5%	100,0%	600,0	1	
da 8 a 8,99	8,5						C2	9,0	10,0	345,0	9,5	45,1%	100,0%	3277,5	1	
da 9 a 9,99	9,5	345	1	345,0	3277,5		C3	14,0	15,0	310,0	14,5	40,5%	100,0%	4495,0	1	
da 10 a 10,99	10,5						C4	17,0	18,0	30,0	17,5	3,9%	100,0%	525,0	1	
da 11 a 11,99	11,5						C5	24,5	25,5				100,0%			
da 12 a 12,99	12,5															
da 13 a 13,99	13,5															
da 14 a 14,99	14,5	310	1	310,0	4495											
da 15 a 15,99	15,5															
da 16 a 16,99	16,5															
da 17 a 17,99	17,5	30	1	30,0	525											
da 18 a 18,99	18,5															
da 19 a 19,99	19,5															
da 20 a 20,99	20,5															
da 21 a 21,99	21,5															
da 22 a 22,99	22,5															
da 23 a 23,99	23,5															
da 24 a 24,99	24,5															
da 24,5 a 25,49	25															
Total				765,0	8897,5											

TOTAL 1 WORKER: 8897,5

peso medio sollevato (Kg) da ciascun lavoratore coinvolto:

7,5	7,5
9,5	9,5
14,5	14,5
17,5	17,5
#DIV/0!	

(b)

TIPO DI COMPITO

MONOTASK=M	V
COMPOSITO=C	
VARIABILE=V	

Scrivere la sigla corrispondente al compito

HELP N.3: Inserirsi in (a) quante unità sono sollevate manualmente da un operatore (se presente un solo operatore) o quante unità solleva il gruppo omogeneo, sempre in un turno.

Scrivi in (b) quante volte la stessa unità è sollevata: se è sollevata una volta sola, scrivi comunque 1.

Tutte le informazioni sui carichi saranno poi automaticamente suddivise in 5 categorie di peso.

HELP N.4: scrivi manualmente i carichi con peso maggiore di 25,5 kg (sollevati manualmente) e quante volte solleva la stessa unità.

HELP N.5: Scrivi in questo box IL NUMERO DI OPERATORI ADDETTI A SOLLEVARE CONTEMPORANEAMENTE LO STESSO CARICO solo quando i carichi appartenenti alla classe di peso sono pressoché sempre sollevati in più operatori. Il peso medio della categoria sarà automaticamente ricalcolato (b).

HELP N.6: Scrivi "X" se i carichi inclusi nella categoria di peso sono per lo più sollevati con un solo arto.

3. Durata e distribuzione dei tempi di movimentazione manuale di carichi nel turno

SCRIVI IN

Scrivi nelle caselle bianche la sequenza degli avvenimenti lavorativi che si svolgono nel turno:

a) minuti in sollevamento manuale di carichi (incluso il trasporto): I PERIODI DI SOLLEVAMENTO NON DEVONO ESSERE INFERIORI AI 30 MINUTI

b) minuti di compiti senza sollevamento manuale di carichi o le pause: NON DEVONO ESSERE INFERIORI AI 5 MINUTI, SE INFERIORI, INCLUDERLI NE PERIODI DI SOLLEVAMENTO

c) minuti in traino e spinta

NB: se un evento non è presente, non scrivere nulla nella casella e passa alla successiva.

	compiti (senza sollevamenti) o pause	SOLLEVAMENTO MANUALE (incluso il trasporto di carichi)	compiti (senza sollevamenti) o pause	traino e spinta	compiti (senza sollevamenti) o pause	SOLLEVAMENTO MANUALE (incluso il trasporto di carichi)	compiti (senza sollevamenti) o pause	traino e spinta	compiti (senza sollevamenti) o pause	SOLLEVAMENTO MANUALE (incluso il trasporto di carichi)	compiti (senza sollevamenti) o pause
minuti	10	210		20	75				10	210	20
ora inizio turno	08:00	End of shift							End of shift		
note											
ore nel turno	08:10	11:40		12:00	13:15				13:25	16:55	17:15
traino e spinta (min)				20				0			
DURATA LUNGA											
N. DI LAVORATORI COINVOLTI nello stesso compito										1	
DURATA MENSA (indicare i minuti di durata della mensa solo se FUORI ORARIO DI LAVORO)										75	
DURATA DEL TURNO [min]										480	
DURATA DEL SOLLEVAMENTO MANUALE (trasporto incluso) [min]										420	
DURATA NETTA TRAINO E SPINTA [min]										20	
N. TOTALE OGGETTI SOLLEVATI NEL TURNO (sup. ai 3 kg)										765,0	
N. OGGETTI SOLLEVATI DA CIASCUN OPERATORE (sup. ai 3 kg)										765,0	
FREQUENZA DI SOLLEVAMENTO										1,82	

4. Descrizione dell'area di movimentazione manuale carichi

N. DI LAVORATORI COINVOLTI nello stesso compito	1
N. TOTALE OGGETTI SOLLEVATI NEL TURNO (sup. ai 3 kg)	765
N. OGGETTI SOLLEVATI DA CIASCUN OPERATORE (sup. ai 3 kg)	765
DURATA DEL SOLLEVAMENTO MANUALE (trasporto incluso)	420

ALTEZZA ALL'ORIGINE	CATEGORIE DI PESO (Kg)										AREE ORIZZONTALI (cm)							
	7		8		9		10		14		15		17		18			
	g	a	g	a	g	a	g	a	g	a	g	a	g	a				
cm	7	8	9	10	14	15	17	18										>63
>175																		>63
171-175																		>63
161-170																		>63
151-160																		>63
141-150																		>63
131-140																		>63
126-130																		>63
111-125																		>63
101-110																		>63
91-100																		>63
81-90	X		X		X		X											>63
71-80																		>63
61-70																		>63
51-60																		>63
41-50																		>63
31-40																		>63
21-30																		>63
11-20																		>63
up to 10																		>63

ALTEZZA ALLA DESTINAZIONE	CATEGORIE DI PESO (Kg)										AREE ORIZZONTALI (cm)							
	7		8		9		10		14		15		17		18			
	da	a	da	a	da	a	da	a	da	a	da	a	da	a				
cm	7	8	9	10	14	15	17	18										>63
>175																		>63
171-175																		>63
161-170	X		X		X		X											>63
151-160	X		X		X		X											>63
141-150	X		X		X		X											>63
131-140	X		X		X		X											>63
126-130	X		X		X		X											>63
111-125	X		X		X		X											>63
101-110	X		X		X		X											>63
91-100	X		X		X		X											>63
81-90	X		X		X		X											>63
71-80	X		X		X		X											>63
61-70	X		X		X		X											>63
51-60	X		X		X		X											>63
41-50	X		X		X		X											>63
31-40	X		X		X		X											>63
21-30																		>63
11-20																		>63
up to 10																		>63

5. La valutazione finale del rischio

AREA/LINEA/POSTAZIONE REPARTO 04 - CASSETTI

BREVE DESCRIZIONE DEL LAVORO

Vedere descrizione scheda

N. DI LAVORATORI COINVOLTI nello stesso compito	1
DURATA DEL SOLLEVAMENTO MANUALE (trasporto incluso)	420
N. TOTALE OGGETTI SOLLEVATI NEL TURNO da ciascun soggetto (sup. ai 3 kg)	765
FREQUENZA DI SOLLEVAMENTO	1,82

SCENARIO DI DURATA

BREVE	MEDIO	LUNGO
		X

6. RISK ASSESSMENT AREA



CATEGORIE DI PESO (KG)		PESO RAPPRESENTATIVO DELLA CATEGORIA	TOT.N.OGGETTI PER CATEGORIA DI PESO	VERTICAL AREAS cm	HORIZONTAL AREAS cm	% OGGETTI PER CIASCUNA GEOMETRIA	ASIMMETRIA PIU' DEL 45° PER PIU' DEL 50% DEI SOLLEVAMENTI	FREQUENZA PER CIASCUN SUBTASK	VALORI DI RISCHIO PER SUBTASK maschi	VALORI DI RISCHIO PER SUBTASK femmine	
1	1	from 7,5	80	0-50 or 126-175(0)	25-40 (35)	46,7%		0,089	0,60	0,75	
	2	7,0		no.shelfs(e)	41-50 (45)	0,0%		0,000	0,00	0,00	
	3		TOT. FREQUENCY	0,190	7	51-63 (63)-	0,0%		0,000	0,00	0,00
	4	4	to 8,0		51-125(75)	25-40 (35)	53,3%		0,102	0,55	0,69
	5	5		no.shelfs(e)	41-50 (45)	0,0%		0,000	0,00	0,00	
	6	6		8	51-63 (63)-	0,0%		0,000	0,00	0,00	
7	7	from 9,5	345	0-50 or 126-175(0)	25-40 (35)	46,7%		0,383	0,92	1,15	
	8	9,0		no.shelfs(e)	41-50 (45)	0,0%		0,000	0,00	0,00	
	8		TOT. FREQUENCY	0,821	7	51-63 (63)-	0,0%		0,000	0,00	0,00
	10	10	to 10,0		51-125(75)	25-40 (35)	53,3%		0,438	0,73	0,91
	11	11		no.shelfs(e)	41-50 (45)	0,0%		0,000	0,00	0,00	
	12	12		8	51-63 (63)-	0,0%		0,000	0,00	0,00	
13	13	from 14,5	310	0-50 or 126-175(0)	25-40 (35)	46,7%		0,344	1,40	1,75	
	14	14		no.shelfs(e)	41-50 (45)	0,0%		0,000	0,00	0,00	
	15		TOT. FREQUENCY	0,738	7	51-63 (63)-	0,0%		0,000	0,00	0,00
	16	16	to 15,0		51-125(75)	25-40 (35)	53,3%		0,394	1,10	1,38
	17	17		no.shelfs(e)	41-50 (45)	0,0%		0,000	0,00	0,00	
	18	18		8	51-63 (63)-	0,0%		0,000	0,00	0,00	
19	19	from 17,5	30	0-50 or 126-175(0)	25-40 (35)	46,7%		0,033	1,40	1,76	
	20	17		no.shelfs(e)	41-50 (45)	0,0%		0,000	0,00	0,00	
	21		TOT. FREQUENCY	0,071	7	51-63 (63)-	0,0%		0,000	0,00	0,00
	22	22	to 18,0		51-125(75)	25-40 (35)	53,3%		0,038	1,10	1,37
	23	23		no.shelfs	41-50 (45)	0,0%		0,000	0,00	0,00	
	24	24		8	51-63 (63)-	0,0%		0,000	0,00	0,00	
25	25	from 24,5	0	0-50 or 126-175(0)	25-40 (35)	0,0%		0,000	0,00	0,00	
	26	24,5		no.shelfs(e)	41-50 (45)	0,0%		0,000	0,00	0,00	
	27		TOT. FREQUENCY	0,000	0	51-63 (63)-	0,0%		0,000	0,00	0,00
	28	28	to 25,5		51-125(75)	25-40 (35)	0,0%		0,000	0,00	0,00
	29	29		no.shelfs(e)	41-50 (45)	0,0%		0,000	0,00	0,00	
	30	30		0	51-63 (63)-	0,0%		0,000	0,00	0,00	

6. Indici di sollevamento finali (LI-CLI-VLI)

European Standard: EN 1005-2; ISO Standard: 11228-1			
25	Maschi (18-45 anni)	1,85	RISK PRESENT
20	Femmine (18-45 anni)	2,32	RISK PRESENT
20	Maschi (<18 o >45 anni)	2,32	RISK PRESENT
15	Femmine (<18 o >45 anni)	3,09	RISK PRESENT
PRESENZA DI CARICO SUPERIORE A 15 KG			
Lifting equation originale NIOSH			
23	NIOSH original	2,02	RISK PRESENT

Figura 65: Foglio di calcolo del metodo NIOSH per il terzo operatore

Dai risultati ottenuti dell'indice di rischio è evidente l'elevata difficoltà incontrata dall'operatore e, quindi, quanto sia alta la necessità di un immediato intervento di prevenzione. Infine, anche il trasporto dei cestoni è particolarmente gravoso come identificato dall'indice sintetico di rischio.

SPINTA

MASCHI altezza delle mani

MALE 95 cm ▼

Frequenza e distanza

EVERY 30 min. (15 m) ▼

Forza iniziale (Kg)		Forza mantenimento (Kg)	
FORZA INIZIALE misurata	6	FORZA DI MANTENIMENTO misurata	4
FORZA INIZIALE raccomandata	24	FORZA DI MANTENIMENTO raccomandata	13
I.S.R. F.I. spinta	0,25	I.S.R. F.M. spinta	0,31

TRAINO

MASCHI altezza delle mani

MALE 95 cm

Frequenza e distanza

EVERY 30 min. (15 m)

Forza iniziale (Kg)	Forza mantenimento (Kg)
FORZA INIZIALE misurata 6	FORZA DI MANTENIMENTO misurata 4
FORZA INIZIALE raccomandata 23	FORZA DI MANTENIMENTO raccom 14
I.S.R. F.I. Traino	I.S.R. F.M. Traino
0,26	0,29

CALCOLO DELLA MASSA CUMULATA TRASPORTATA E DEL RELATIVO INDICE

minuti sollevamento 420

MASCHI E FEMMINE

	MASSA CUMULATIVA TRASPORTATA (KG)	DISTANZA DEL TRASPORTO (M)	MASSA CUMULATIVA TOLLERATA PER 8 ORE MASSIMO DI LAVORO		INDICE (MASSA TRASPORTATA SU MASSA MASSIMA TOLLERATA)
8 ore	8897,5	1	10000		0,89
1 ora	1271,1	1	4500		0,28
1 minuto	21,2	1	75		0,28

Distanza di trasporto	Frequenza MAX di trasporto	Massa Cumulativa		
m	azioni/ minuto	Kg/min	Kg/h	Kg/8h
20	1	15	750	6000
10	2	30	1500	10000
4	4	60	3000	10000
2	5	75	4500	10000

RIFERIMENTI STANDARD
ISO 11228-1

Figura 66: Foglio di calcolo dell'indice sintetico di rischio per il terzo operatore

L'ultima fase di analisi della condizione attuale si occupa della valutazione del compito di inserimento del cestone sul ripiano più alto del carrello utilizzando i medesimi strumenti del caso precedente iniziando, anche in questa occasione, con l'analisi RULA.



Figura 67: Operatore addetto al carico dei carrelli - Postura 2

Step 1. Locate Upper Arm Position



4 = 4



3 = 2



2 = 3
1 = 2



4



3 = 1

2

Table A	Wrist Score			
	1	2	3	4
Upper Arm	1	2	3	4
Lower Arm	1	2	1	2
1	1	2	2	3
2	2	3	3	3
3	3	3	3	3
4	4	4	4	4
5	5	5	5	5
6	6	6	6	6
7	7	7	7	7
8	8	8	8	8
9	9	9	9	9

Wrist/Arm Score	Neck, Trunk, Leg Score			
	1	2	3	7+
1	1	2	3	4
2	2	3	4	5
3	3	3	4	4
4	4	4	4	5
5	5	5	5	6
6	6	6	6	7
7	7	7	7	7
8+	8+	8+	8+	8+

Table B	Trunk Posture Score					
	1	2	3	4	5	6
Legs	1	2	1	2	1	2
Posture Score	1	1	2	1	2	1
1	1	3	2	3	3	4
2	2	3	3	4	5	6
3	3	3	4	4	5	6
4	4	5	5	6	7	7
5	5	7	7	7	7	7
6	6	8	8	8	8	8

4 = 8

8

Figura 68: Foglio di calcolo RULA per il terzo operatore - Postura 2

Anche in questo caso la postura è critica, meno rispetto alla precedente, data l'assenza dell'incurvatura del busto che in questo caso è eretto, ma comunque rischiosa a causa dell'asimmetria dell'azione, in particolare, il braccio destro che assume il compito di sorreggere quasi tutto il peso del cestone e si trova in una posizione completamente innaturale. Questo aspetto è il motivo per cui la Check List OCRA si è occupata della valutazione del lato più stressato, il destro.

Valutazione automatica dei compiti ripetitivi con checklist OCRA modello tradizionale

a cura di Daniela Colombini, Enrico Cocchipinti, Marco Cerba, Marco Tasso - Unità di Ricerca EPIM Milano

Azienda: <input type="text" value="Lube Industries srl"/>	Reparto: <input type="text" value="Montaggio - Linea Forni e cestelli"/>
Linea/postazione/compto: <input type="text"/>	N. Addetti: <input type="text" value="1"/>
Breve descrizione del compito: <input type="text" value="Vedere descrizione scheda"/>	

PRESENZA DI COMPITO RIPETITIVO = il termine non e' sinonimo di presenza di rischio. La checklist va applicata quando il compito e' organizzato a cicli, indipendentemente dalla loro durata, o quando il compito e caratterizzato dalla ripetizione degli stessi

SI	X
NO	

a. SINTESI DELLA DURATA NETTA DEI LAVORI RIPETITIVI IN GIORNATA MEDIA RAPPRESENTATIVA

DURATA TURNO (min) LORDA	480	DURATA TURNO (min) EFFETTIVA	460	
DURATA LAVORI NON RIPETITIVI (pulizie, approvvigionamenti.....) in minuti			40	
N. PAUSE EFFETTIVE NEL TURNO (O ALTRE INTERRUZIONI COSTANTI DI ATTIVITA' DEGLI ARTI SUPERIORI), DI DURATA UGUALE O SUPERIORE A 8 MINUTI, ESCLUSA PAUSA MENSA considerabili come recuperi			7	
NOTE				
DURATA (in minuti) EFFETTIVA COMPLESSIVA DI TUTTE LE PAUSE O ALTRE INTERRUZIONI DI ATTIVITA' DEGLI ARTI SUPERIORI (COSTANTI E DI DURATA CONSECUTIVA DI ALMENO 8 MINUTI); ESCLUDERE LA PAUSA MENSA			56	
NOTE				
DURATA EFFETTIVA PAUSA MENSA SE PRESENTE INTERNA AL TURNO (RETRIBUITA) in minuti			0	
SE ESISTE UNA PAUSA MENSA DI ALMENO 30 MINUTI (NON RETRIBUITA, FUORI ORARIO DI LAVORO) O ALTRE INTERRUZIONI DI ATTIVITA' (COME TRASFERIMENTI IN ALTRE SEDI DELLA DURATA DI PIU' DI 30 MINUTI), INDICARNE IL NUMERO.			1	
Ci sono veri e propri cicli: scrivere il numero dei pezzi/lavoratore/turno	30	Durata media NETTA nel turno del lavoro ripetitivo (in minuti)	364	
Ci sono veri e propri cicli: scrivere il tempo di ciclo osservato (in secondi)	5			
non ci sono veri cicli ma si ripetono sempre le stesse azioni: scrivere (in secondi), il tempo di osservazione rappresentativo scelto.	5	DURATA del TEMPO TOTALE NETTO DI CICLO calcolato o CADENZA (secondi)	728,0	minuti non giustificati
sono presenti tempi di recupero interni al ciclo	SI	% differenza fra tempo di ciclo osservato e tempo di ciclo raccomandato	99%	362

CALCOLO AUTOMATICO
N. ORE SENZA ADEGUATO RECUPERO
0
MOLTIPLICATORE RECUPERO
1,000

CALCOLO MANUALE
N. ORE SENZA ADEGUATO RECUPERO

0,95

b. BREVE DESCRIZIONE DEL TURNO MEDIO DI LAVORO E DELLE PAUSE

c. VALUTAZIONE DEI PRINCIPALI FATTORI DI RISCHIO E PRIORITA' NEGLI INTERVENTI MIGLIORATIVI (descrivere il lato peggiore o entrambi se il lavoro è simmetrico)

Lato esaminato	DX	X	SX		BIL			
			NAZIONI	FREQUENZA	NAZIONI	FREQUENZA		
FREQUENZA: azioni dinamiche	Indicare il numero delle azioni tecniche osservate separatamente per l'arto destro e sinistro		destro	4	0,3	sinistro	4	0,3
	Se le azioni sono molto rapide e difficili da contare (> 70az/min), apporre una "X" nella casella, senza contare le azioni tecniche		destro			sinistro		
	SONO POSSIBILI BREVI INTERRUZIONI (il ritmo non è completamente imposto dalla macchina)			NO	SI		NO	SI
				X			X	
			DESTRO	NO	SI	SINISTRO	NO	SI
FREQUENZA: azioni statiche	è mantenuto un oggetto in presa statica per una durata di almeno 5sec., che occupa 2/3 del tempo ciclo o del periodo di osservazione;			X			X	
	è mantenuto un oggetto in presa statica per una durata di almeno 5 sec., che occupa 3/3 del tempo ciclo o del periodo di osservazione			X			X	

FREQUENZA
PUNTEGGIO FREQUENZA
DX: 0, SX: 0

SPALLA	GOMITO	POLSO	MANO
BRACCIO ALTO	FLESSO-ESTENSIONI E PRONO SUPINAZIONI	FLESSO-ESTENSIONI E DEVIAZIONE RADIO-ULNARE	PRESE DELLA MANO INCONGRUE (PINCH, UNCINO, PALMARE)

POSTURE INCONGRUE DEGLI ARTI SUP. A DX		MENO DI 1/3 DEL TEMPO	CIRCA 1/3 DEL TEMPO	CIRCA META' DEL TEMPO	CIRCA 2/3 DEL TEMPO	CIRCA TUTTO IL TEMPO
	mano in presa pinch o palmare o uncino (non in grip)			X		
	braccio quasi ad altezza spalla				X	
	deviazioni estreme del polso					X
	ruotazione completa di oggetti o esegue ampie flessio-estensioni del gomito	X				
STEREOT.	durata del ciclo	sup. 15 sec		tra i 9 e i 15 sec.		uguale o inferiore a 8 sec. X
	ripetere sempre le stesse azioni tecniche			buona parte del tempo (più della metà)		pressocché tutto il tempo X

NOTE

POSTURE INCONGRUE DEGLI ARTI SUP. A SX		MENO DI 1/3 DEL TEMPO	CIRCA 1/3 DEL TEMPO	CIRCA META' DEL TEMPO	CIRCA 2/3 DEL TEMPO	CIRCA TUTTO IL TEMPO
	mano in presa pinch o palmare o uncino (non in grip)					
	braccio quasi ad altezza spalla					
	deviazioni estreme del polso					
	ruotazione completa di oggetti o esegue ampie flessio-estensioni del gomito					
STEREOT.	durata del ciclo	sup. 15 sec		tra i 9 e i 15 sec.		uguale o inferiore a 8 sec.
	ripetere sempre le stesse azioni tecniche			buona parte del tempo (più della metà)		pressocché tutto il tempo

NOTE

PUNTEGGIO FREQUENZA
DX: 11, SX: 1
P. POSTURA DX
P. POSTURA SX

		MENO DI 1/3 DEL TEMPO	CIRCA 1/3 DEL TEMPO	CIRCA META' DEL TEMPO	CIRCA 2/3 DEL TEMPO	CIRCA TUTTO IL TEMPO	7			
FORZA LATO DESTRO	uso di forza moderata in uso attrezzi o ogni altra azione lavorativa				X		6	6	P. FORZA DX	
picchi di forza FORTE (Borg 5-6-7) in uso attrezzi o ogni altra azione lavorativa	picchi di 1-2 secondi ciascuno ogni 10 minuti		intorno all'1% del tempo	intorno al 5% del tempo		intorno al 10% del tempo e oltre		0		
picchi di forza INTENSA (Borg 8-9-10) in uso attrezzi o ogni altra azione lavorativa	picchi di 1-2 secondi ciascuno ogni 10 minuti		intorno all'1% del tempo	intorno al 5% del tempo		intorno al 10% del tempo e oltre		0		
NOTE SULL'USO DELLA FORZA								6		
FORZA LATO SINISTRO	uso di forza moderata in uso attrezzi o ogni altra azione lavorativa						7	0		P. FORZA SX
picchi di forza FORTE (Borg 5-6-7) in uso attrezzi o ogni altra azione lavorativa	picchi di 1-2 secondi ciascuno ogni 10 minuti		intorno all'1% del tempo	intorno al 5% del tempo		intorno al 10% del tempo e oltre		0		
picchi di forza INTENSA (Borg 8-9-10) in uso attrezzi o ogni altra azione lavorativa	picchi di 1-2 secondi ciascuno ogni 10 minuti		intorno all'1% del tempo	intorno al 5% del tempo		intorno al 10% del tempo e oltre		0		
NOTE SULL'USO DELLA FORZA								0		
COMPLEM. RISCHI FISICI								1		
COMPLEM. ORGANIZZATIVI								1		
NOTE:								1	1	

d. PUNTEGGIO FINALE CHECKLIST OCRA, PONDERATO PER LA DURATA

PUNTEGGIO FINALE PARZIALE indipendente da recupero e durata		PUNTEGGIO FINALE PONDERATO PER DURATA NETTA	
DESTRO	18	DESTRO	17,10
SINISTRO	2	SINISTRO	1,90
PUNTEGGIO FINALE INTRINSECO indice indipendente durata			
DESTRO	18,0		
SINISTRO	2,0		

RIASSUNTO DELLA CHECKLIST													
denominazione	moltiplicatore recupero	recupero	frequenza	forza	lato	spalla	gomito	polso	mano	stereotipia	totale postura	complem.	checklist OCRA
Vedere descrizione scheda	1,000	0	0	6	DX	8	1	4	0	3	11	1	17,10
Vedere descrizione scheda	1,000	0	0	0	SX	1	0	0	0	3	4	1	1,90

DISTRIBUZIONE DELLE PAUSE

inizio turno fine turno

Figura 69: Foglio di calcolo OCRA per il terzo operatore – Postura 2

Si osserva, quindi, come in questa situazione il livello di rischiosità sia elevatissimo e come sia necessario un celere intervento al fine di rendere più idonea la postura dell'operatore. Per quanto riguarda l'analisi relativa alla movimentazione è la stessa del caso precedente dato che nel foglio di calcolo NIOSH e Snook-Ciriello sono state inserite tutte le informazioni relative all'attività nella sua totalità. Per concludere l'analisi degli operatori, è importante quindi definire questa postazione come quella in assoluto più critica, e, quindi, cercare una soluzione al fine di rendere migliore lo svolgimento di tale compito è stato l'obiettivo di questa tesi.

4.5 Simulazione della linea attuale

Per ultimare la fase di valutazione della linea di produzione è stata eseguita la simulazione della condizione attuale di tale processo produttivo. Questo strumento è stato di grande aiuto al fine di verificare che il tempo di ciclo rilevato fosse corretto, inoltre, grazie alle potenzialità del software, sono stati valutati tutti gli aspetti posturali tramite l'analisi RULA all'interno della sezione *Human* di Tecnomatix. Inizialmente è stata modellata la struttura della linea di produzione con al suo interno i convogliatori a rulli e i nastri trasportatori, successivamente sono stati inseriti gli operatori virtuali e si è potuto procedere con la simulazione attribuendo determinati task ai manichini.

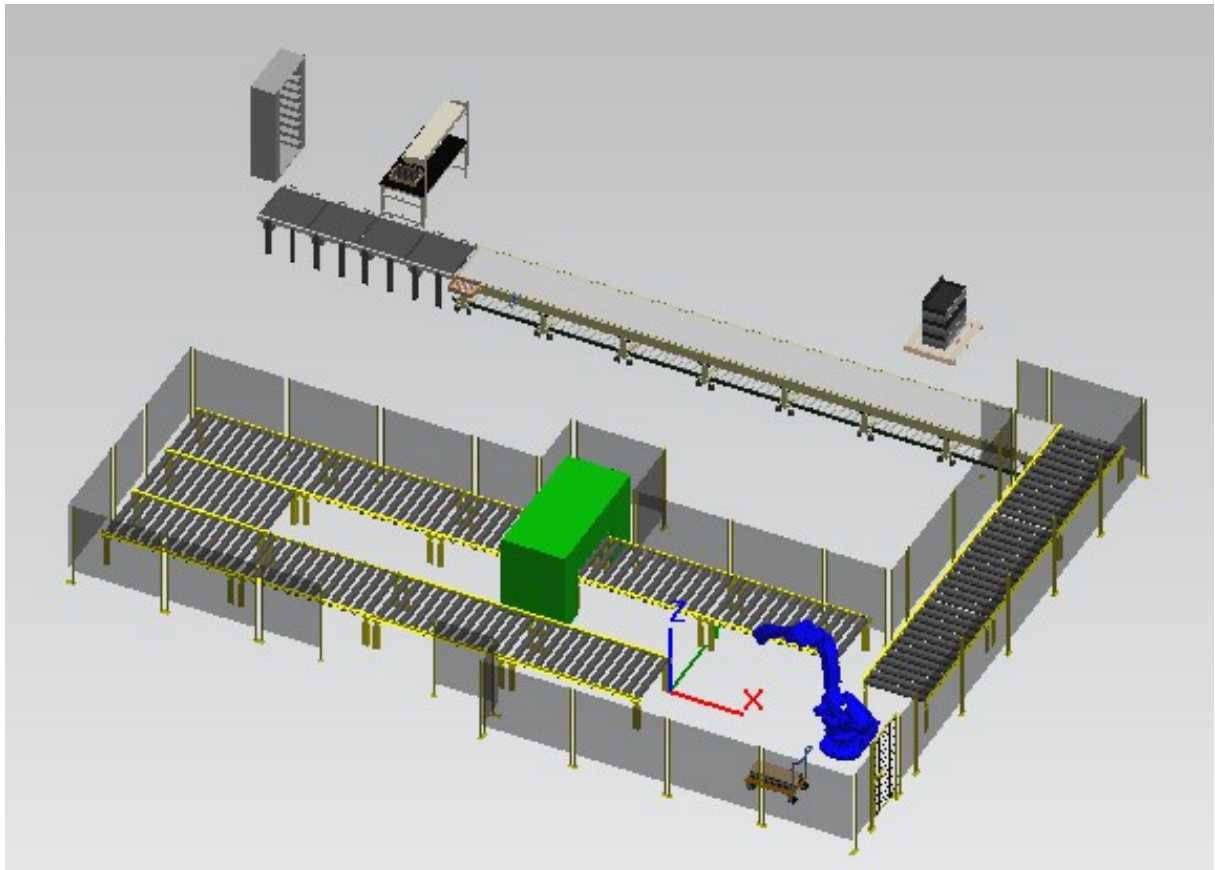


Figura 70: Layout della linea attuale - Tecnomatix



Figura 71: Prima postazione - Tecnomatix



Figura 72: Seconda postazione - Tecnomatix

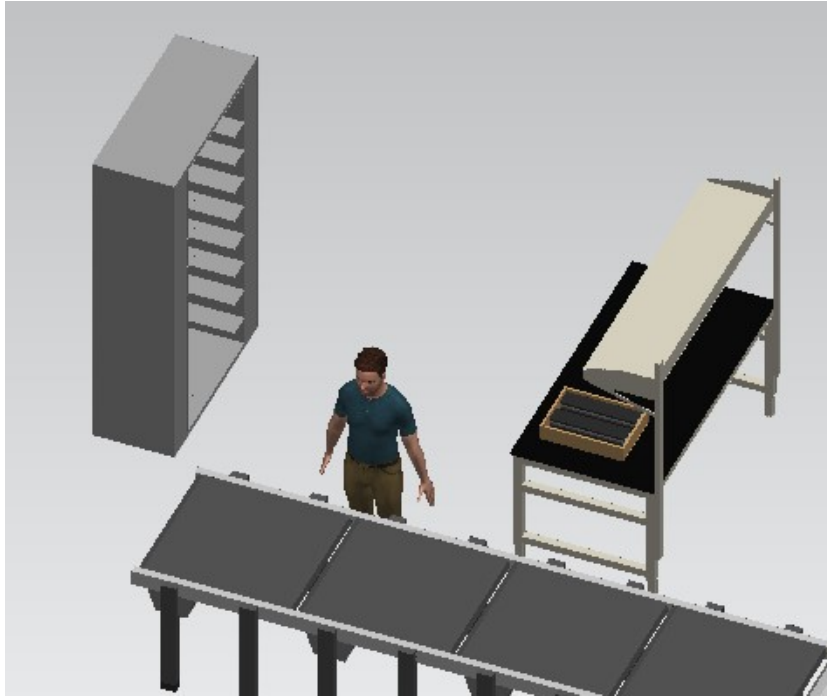


Figura 73: Terza postazione - Tecnomatix

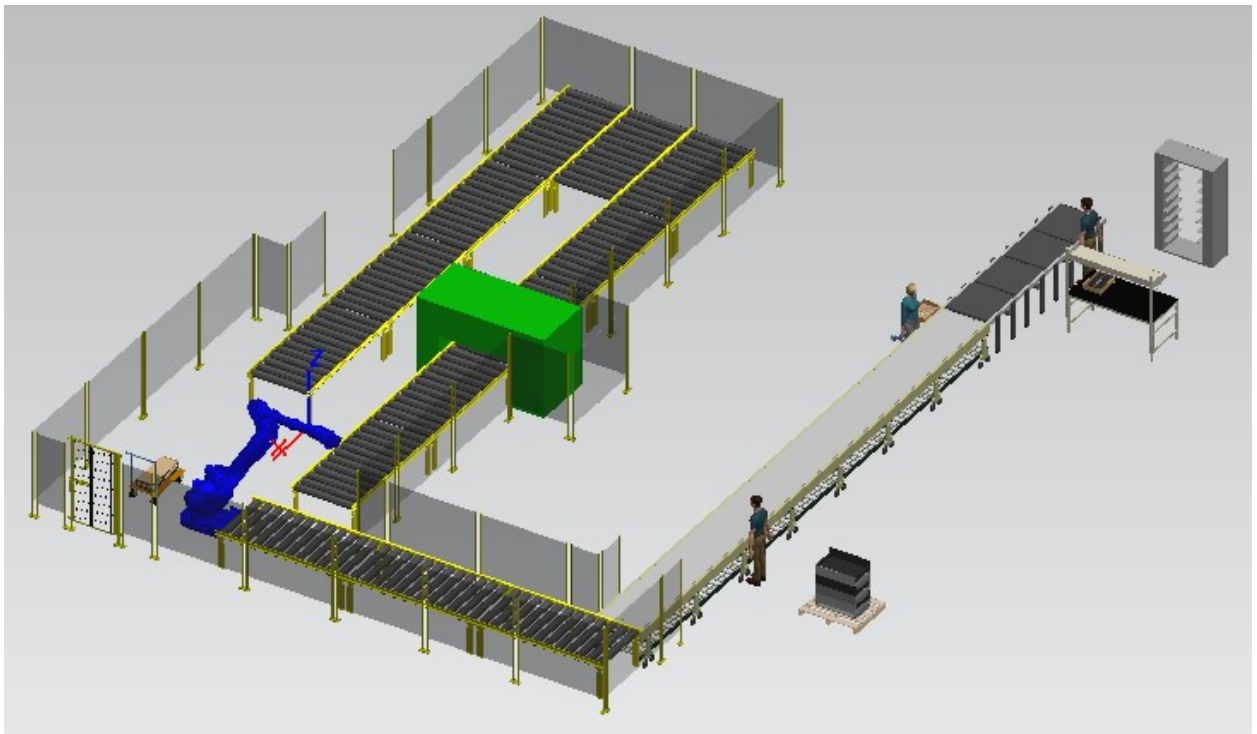
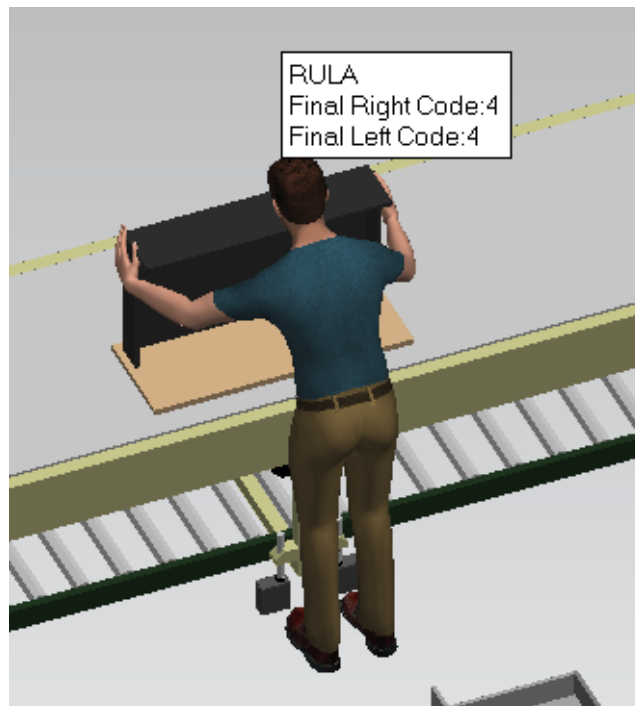


Figura 74: Layout della linea attuale con operatori in postazione - Tecnomatix

Quindi, dopo aver ultimato la modellazione ed assegnato i task ad ogni operatore è stata effettuata l'analisi RULA in modo da avere un raffronto oggettivo dell'analisi svolta sul campo. Le attività, e quindi le posture sono state le medesime dello studio precedente, con la differenza che per il terzo operatore abbiamo tenuto conto solo della più critica.



a)



b)

Figura 75: a) – b) Postura del primo operatore analizzata nella simulazione

A. Arm and Wrist Analysis - Right Arm					Score
Step 1: Locate Upper Arm Position					
-20 to 20	less than -20	20 to 45	45 to 90	more than 90	
1	2	2	3	4	
Upper Arm Angle					38
Step 1a: Adjust...					
if shoulder is raised +1					
if upper arm is abducted +1					
if arm is supported or person is leaning -1					
Final Upper Arm Score:					3
Step 2: Locate Lower Arm Position					
60 to 100	more than 100 or less than 60				
1	2				
Lower Arm Angle					45
Step 2a: Adjust...					
if arm is working across midline of body or out to side of body +1					
Final Lower Arm Score:					2
Step 3: Locate Wrist Position					
0	-15 to 15	more than 15	less than -15		
1	2	3	3		
Wrist Angle					23
Step 3a: Adjust...					
if wrist is bent away from midline +1					
Final Wrist Score:					4
Step 4: Wrist Twist					
if wrist is twisted mainly in mid-range	if twist at or near end of twisting range				
1	2				
Wrist Twist Angle					16
Wrist Twist Score:					1
Step 5: Locate Posture score from Table A - left:					5
Step 6: Add Muscle Use Score					
if posture mainly static (i.e. held for more than 1 minute) +1					
if action repeatedly occurs 4 times per minute or more +1					
Muscle Use Score:					0
Step 7: Add Force Use Score					
if load less than 2Kg +0					
if 2Kg to 10Kg (intermittent) +1					
if 2Kg to 10Kg (static or repeated) OR more than 10Kg (intermittent) +2					
if more than 10Kg (static or repeated) OR shocks +3					
Carried Weight:					0
Force Use Score:					0
Step 8: Final Wrist and Arm code:					=
Use to find the row on Table C - left:					5
Final RULA result for Left arm - from Table C:					4

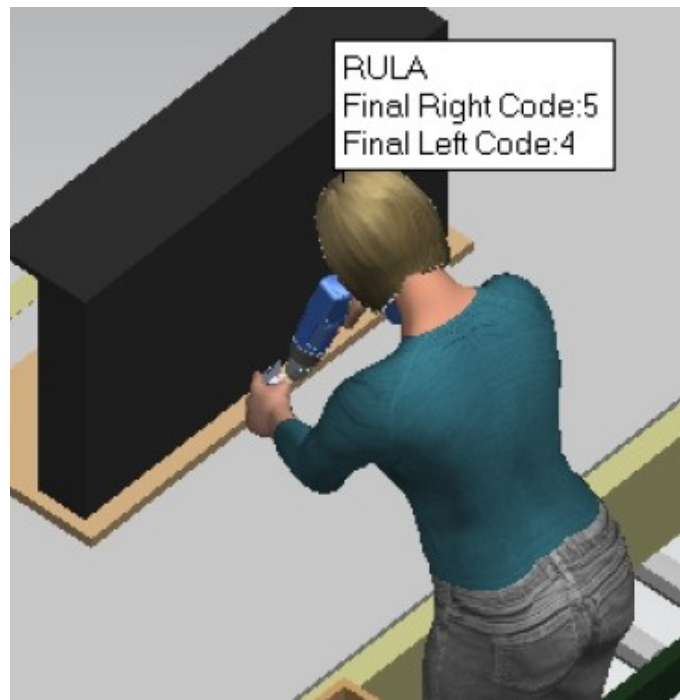
A. Arm and Wrist Analysis - Left Arm					Score
Step 1: Locate Upper Arm Position					
-20 to 20	less than -20	20 to 45	45 to 90	more than 90	
1	2	2	3	4	
Upper Arm Angle					44
Step 1a: Adjust...					
if shoulder is raised +1					
if upper arm is abducted +1					
if arm is supported or person is leaning -1					
Final Upper Arm Score:					3
Step 2: Locate Lower Arm Position					
60 to 100	more than 100 or less than 60				
1	2				
Lower Arm Angle					40
Step 2a: Adjust...					
if arm is working across midline of body or out to side of body +1					
Final Lower Arm Score:					3
Step 3: Locate Wrist Position					
0	-15 to 15	more than 15	less than -15		
1	2	3	3		
Wrist Angle					33
Step 3a: Adjust...					
if wrist is bent away from midline (ulnar/radial deviation) +1					
Final Wrist Score:					4
Step 4: Wrist Twist					
if wrist is twisted mainly in mid-range	if wrist at or near end of twisting range				
1	2				
Wrist Twist Angle					16
Wrist Twist Score:					1
Step 5: Locate Posture score from Table A - left:					5
Step 6: Add Muscle Use Score					+
if posture mainly static (i.e. held for more than 1 minute) +1					
if action repeatedly occurs 4 times per minute or more +1					
Muscle Use Score:					0
Step 7: Add Force Use Score					+
if load less than 2Kg +0					
if 2Kg to 10Kg (intermittent) +1					
if 2Kg to 10Kg (static or repeated) OR more than 10Kg (intermittent) +2					
if more than 10Kg (static or repeated) OR shocks +3					
Carried Weight:					0
Force Use Score:					0
Step 8: Final Wrist and Arm code:					=
Use to find the row on Table C - left:					5
Final RULA result for Left arm - from Table C:					4

B. Neck, Trunk and Leg Analysis				Score
Step 9: Locate Neck Position				
0 to 10	10 to 20	more than 20	in extension	
1	2	3	4	
NeckPitch	22			
Step 9b: Adjust...				
if neck is twisted +1				
if neck is side bending +1				
Final Neck Score:				3
Step 10: Locate Trunk Position				
-10 to 10	10 to 20	20 to 60	more than 60 or less than -10	
1	2	3	4	
BodyPitch	7			
Step 10b: Adjust...				
Model is seated - trunk well supported: =1				
Model is seated - trunk not well supported: =2				
if trunk is twisted +1				
if trunk is side-bending +1				
Final Trunk Score:				1
Step 11: Legs				
if legs and feet are supported and balanced +1				
if not +2				
Final Legs Score:				1
Step 12: Look up Posture score from Table B:				
				3
Step 13: Add Muscle Use Score				
if posture mainly static (i.e. held for more than 1 minute) +1				
if action repeatedly occurs 4 times per minute or more +1				
Muscle Use Score:				0
Step 14: Add Force Use Score				
if load less than 2Kg +0				
if 2Kg to 10Kg (intermittent) +1				
if 2Kg to 10Kg (static or repeated) OR more than 10Kg (intermittent) +2				
if more than 10Kg (static or repeated) OR shocks +3				
Carried Weight:	0			
Force Use Score:				0
Step 15: Final Neck, Trunk and Leg code:				
Use to find the column on Table C - right:				
				3

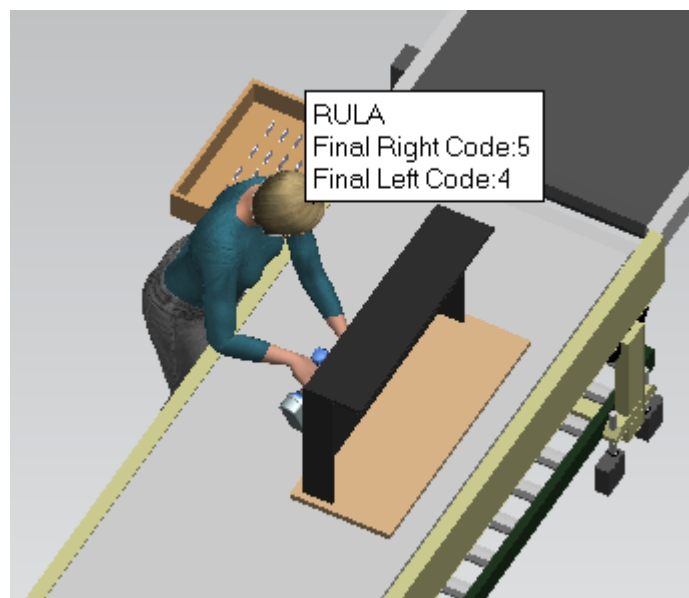
Figura 76: Human Report RULA relativo alla postura del primo operatore

Andando poi ad incrociare i valori ottenuti nelle due sezioni si ottengono per entrambi i lati del corpo un valore pari a 4, come misurato tramite l'osservazione diretta sul campo.

Per quanto riguarda l'operatrice che si occupa dell'inserimento delle viti, i risultati, anche in questo caso sono in linea con quelli misurati sperimentalmente, l'unica differenza si nota nella postura del braccio sinistro in cui si è rilevato un punteggio finale pari a 4 grazie alla maggior precisione di misura degli angoli dei distretti articolari del braccio.
















a)



b)

Figura 77: a) – b) Postura della seconda operatrice analizzata nella simulazione

A. Arm and Wrist Analysis - Right Arm					Score
Step 1: Locate Upper Arm Position					
					
-20 to 20	less than -20	20 to 45	45 to 90	more than 90	
1	2	2	3	4	
Upper Arm Angle	15				
Step 1a: Adjust...					
	If shoulder is raised +1				
	If upper arm is abducted +1				
	If arm is supported or person is leaning -1				
Final Upper Arm Score:					1
Step 2: Locate Lower Arm Position					
					
60 to 100	more than 100 or less than 60				
1	2				
Lower Arm Angle	0				
Step 2a: Adjust...					
	If arm is working across midline of body or out to side of body +1				
Final Lower Arm Score:					2
Step 3: Locate Wrist Position					
					
0	-15 to 15	more than 15	less than -15		
1	2	3	3		
Wrist Angle	0				
Step 3a: Adjust...					
	If wrist is bent away from midline +1				
Final Wrist Score:					1
Step 4: Wrist Twist					
					
If wrist is twisted mainly in mid-range	If twist at or near end of twisting range				
1	2				
Wrist Twist Angle	0				
Wrist Twist Score:					1
Step 5: Locate Posture score from Table A - left:					
					2
Step 6: Add Muscle Use Score					
	If posture mainly static (i.e. held for more than 1 minute) +1				
	If action repeatedly occurs 4 times per minute or more +1				
Muscle Use Score:					0
Step 7: Add Force Use Score					
	If load less than 2Kg +0				
	If 2Kg to 10Kg (intermittent) +1				
	If 2Kg to 10Kg (static or repeated) OR more than 10Kg (intermittent) +2				
	If more than 10Kg (static or repeated) OR shocks +3				
Carried Weight:					0
Force Use Score:					0
Step 8: Final Wrist and Arm code:					
					=
Use to find the row on Table C - left:					
					2
Final RULA result for Left arm - from Table C:					
					2

A. Arm and Wrist Analysis - Left Arm					Score
Step 1: Locate Upper Arm Position					
1	2	2	3	4	
Upper Arm Angle	15				
Step 1a: Adjust...					
	If shoulder is raised +1				
	If upper arm is abducted +1				
	If arm is supported or person is leaning -1				
Final Upper Arm Score:					1
Step 2: Locate Lower Arm Position					
1	2				
Lower Arm Angle	0				
Step 2a: Adjust...					
	If arm is working across midline of body or out to side of body +1				
Final Lower Arm Score:					2
Step 3: Locate Wrist Position					
1	2	3	3		
Wrist Angle	0				
Step 3a: Adjust...					
	If wrist is bent away from midline (ulnar/radial deviation) +1				
Final Wrist Score:					1
Step 4: Wrist Twist					
1	2				
Wrist Twist Angle	0				
Wrist Twist Score:					1
Step 5: Locate Posture score from Table A - left:					
					2
Step 6: Add Muscle Use Score					
	If posture mainly static (i.e. held for more than 1 minute) +1				
	If action repeatedly occurs 4 times per minute or more +1				
Muscle Use Score:					0
Step 7: Add Force Use Score					
	If load less than 2Kg +0				
	If 2Kg to 10Kg (intermittent) +1				
	If 2Kg to 10Kg (static or repeated) OR more than 10Kg (intermittent) +2				
	If more than 10Kg (static or repeated) OR shocks +3				
Carried Weight:					0
Force Use Score:					0
Step 8: Final Wrist and Arm code:					
	Use to find the row on Table C - left:				
					2
Final RULA result for Left arm - from Table C:					2









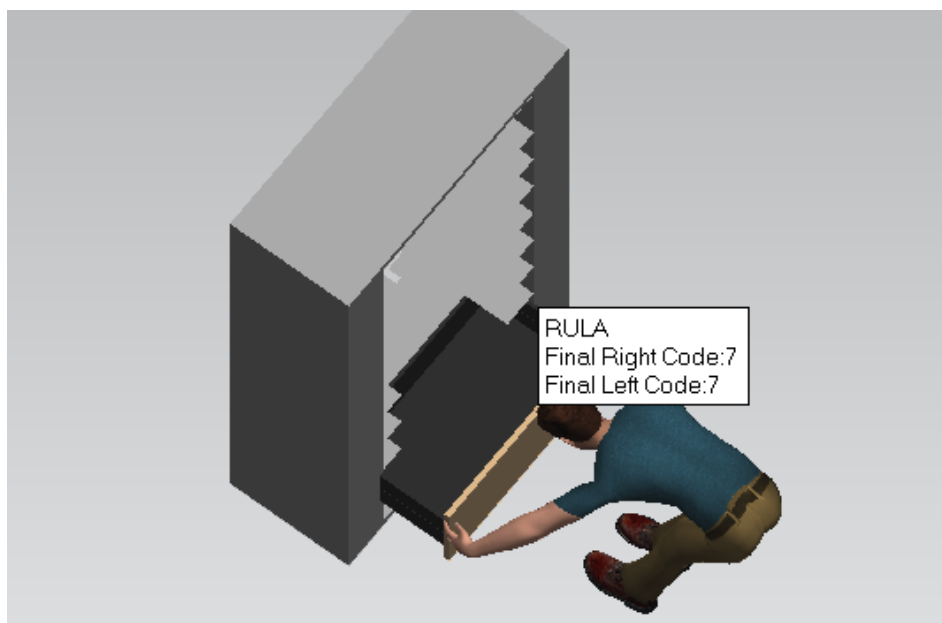
B. Neck, Trunk and Leg Analysis					Score
Step 9: Locate Neck Position					
0 to 10	10 to 20	more than 20	in extension		
					
1	2	3	4		
NeckPitch					-2
Step 9b: Adjust...					
if neck is twisted +1					
if neck is side bending +1					
Final Neck Score:					1
Step 10: Locate Trunk Position					
-10 to 10	10 to 20	20 to 60	more than 60 or less than -10		
					
1	2	3	4		
BodyPitch					3
Step 10b: Adjust...					
Model is seated - trunk well supported: +1					
Model is seated - trunk not well supported: +2					
if trunk is twisted +1					
if trunk is side-bending +1					
Final Trunk Score:					1
Step 11: Legs					
if legs and feet are supported and balanced +1					
if not +2					
Final Legs Score:					1
Step 12: Look up Posture score from Table B:					1
Step 13: Add Muscle Use Score					
if posture mainly static (i.e. held for more than 1 minute) +1					
if action repeatedly occurs 4 times per minute or more +1					
Muscle Use Score:					0
Step 14: Add Force Use Score					
if load less than 2Kg +0					
if 2Kg to 10Kg (intermittent) +1					
if 2Kg to 10Kg (static or repeated) OR more than 10Kg (intermittent) +2					
if more than 10Kg (static or repeated) OR shocks +3					
Carried Weight:					0
Force Use Score:					0
Step 15: Final Neck, Trunk and Leg code:					=
Use to find the column on Table C - right:					1

Figura 78: Human Report RULA relativo alla postura della seconda operatrice

Infine, la valutazione dell'ultimo operatore è perfettamente allineata con la precedente analisi evidenziando il valore massimale di criticità della postazione.



a)



b)

Figura 79: a) – b) Postura del terzo operatore analizzata nella simulazione

A. Arm and Wrist Analysis - Left Arm					Score
Step 1: Locate Upper Arm Position					
-20 to 20	less than -20	20 to 45	45 to 90	more than 90	
1	2	2	3	4	
Upper Arm Angle					132
Step 1a: Adjust...					
If shoulder is raised +1					
If upper arm is abducted +1					
If arm is supported or person is leaning -1					
Final Upper Arm Score:					5
Step 2: Locate Lower Arm Position					
60 to 100	more than 100 or less than 60				
1	2				
Lower Arm Angle					19
Step 2a: Adjust...					
If arm is working across midline of body or out to side of body +1					
Final Lower Arm Score:					2
Step 3: Locate Wrist Position					
0	-15 to 15	more than 15	less than -15		
1	2	3	3		
Wrist Angle					42
Step 3a: Adjust...					
If wrist is bent away from midline (ulnar/radial deviation) +1					
Final Wrist Score:					4
Step 4: Wrist Twist					
If wrist is twisted mainly in mid-range	If twist at or near end of twisting range				
1	2				
Wrist Twist Angle					59
Wrist Twist Score:					2
Step 5: Locate Posture score from Table A - left:					7
Step 6: Add Muscle Use Score					+
If posture mainly static (i.e. held for more than 1 minute) +1					
If action repeatedly occurs 4 times per minute or more +1					
Muscle Use Score:					0
Step 7: Add Force Use Score					+
If load less than 2Kg +0					
If 2Kg to 10Kg (intermittent) +1					
If 2Kg to 10Kg (static or repeated) OR more than 10Kg (intermittent) +2					
If more than 10Kg (static or repeated) OR shocks +3					
Carried Weight:					15
Force Use Score:					2
Step 8: Final Wrist and Arm code:					=
Use to find the row on Table C - left:					9
Final RULA result for Left arm - from Table C:					7

A. Arm and Wrist Analysis - Left Arm					Score
Step 1: Locate Upper Arm Position					
-20 to 20	less than -20	20 to 45	45 to 90	more than 90	
1	2	2	3	4	
Upper Arm Angle					132
Step 1a: Adjust...					
if shoulder is raised +1					
if upper arm is abducted +1					
if arm is supported or person is leaning -1					
Final Upper Arm Score:					5
Step 2: Locate Lower Arm Position					
60 to 100	more than 100 or less than 60				
1	2				
Lower Arm Angle					19
Step 2a: Adjust...					
if arm is working across midline of body or out to side of body +1					
Final Lower Arm Score:					2
Step 3: Locate Wrist Position					
0	-15 to 15	more than 15	less than -15		
1	2	3	3		
Wrist Angle					42
Step 3a: Adjust...					
if wrist is bent away from midline (ulnar/radial deviation) +1					
Final Wrist Score:					4
Step 4: Wrist Twist					
if wrist is twisted mainly in mid-range	if twist at or near end of twisting range				
1	2				
Wrist Twist Angle					59
Wrist Twist Score:					2
Step 5: Locate Posture score from Table A - left:					7
Step 6: Add Muscle Use Score					
if posture mainly static (i.e. held for more than 1 minute) +1					
if action repeatedly occurs 4 times per minute or more +1					
Muscle Use Score:					0
Step 7: Add Force Use Score					
if load less than 2Kg +0					
if 2Kg to 10Kg (intermittent) +1					
if 2Kg to 10Kg (static or repeated) OR more than 10Kg (intermittent) +2					
if more than 10Kg (static or repeated) OR shocks +3					
Carried Weight:					15
Force Use Score:					2
Step 8: Final Wrist and Arm code:					=
Use to find the row on Table C - left:					9
Final RULA result for Left arm - from Table C:					7









10. Neck, Trunk and Leg Analysis				Score
Step 9: Locate Neck Position				
0 to 10	10 to 20	more than 20	in extension	
				
1	2	3	4	
NeckPitch	-20			
Step 9b: Adjust...				
if neck is twisted +1				
if neck is side bending +1				
Final Neck Score:				4
Step 10: Locate Trunk Position				
-10 to 10	10 to 20	20 to 60	more than 60 or less than -10	
				
1	2	3	4	
BodyPitch	85			
Step 10b: Adjust...				
Model is seated - trunk well supported: =1				
Model is seated - trunk not well supported: =2				
if trunk is twisted +1				
if trunk is side-bending +1				
Final Trunk Score:				5
Step 11: Legs				
if legs and feet are supported and balanced +1				
if not +2				
Final Legs Score:				1
Step 12: Look up Posture score from Table B:				7
Step 13: Add Muscle Use Score				
if posture mainly static (i.e. held for more than 1 minute) +1				
if action repeatedly occurs 4 times per minute or more +1				
Muscle Use Score:				0
Step 14: Add Force Use Score				
if load less than 2Kg +0				
if 2Kg to 10Kg (intermittent) +1				
if 2Kg to 10Kg (static or repeated) OR more than 10Kg (intermittent) +2				
if more than 10Kg (static or repeated) OR shocks +3				
Carried Weight:	30			
Force Use Score:				2
Step 15: Final Neck, Trunk and Leg code:				=
Use to find the column on Table C - right:				9

Figura 80: Human Report RULA relativo alla postura del terzo operatore

4.6 Valutazioni finali del layout attuale della linea di produzione

A conclusione di questa sezione possiamo affermare che per quanto riguarda il primo operatore non sono state riscontrate evidenti criticità tali da indurre un intervento immediato. Infatti, dall'analisi RULA abbiamo ottenuto dei valori accettabili per quanto riguarda entrambi gli arti data la simmetria dell'operazione. Mentre dalla check List OCRA si evidenziano perlopiù problemi legati al peso del componente da montare e alla ripetitività del compito durante il turno di lavoro, aspetti mitigabili con il corretto bilanciamento della linea. Per quanto riguarda il rischio da movimentazione manuale dei carichi l'indice di sollevamento è al limite dell'accettabilità per l'operatore visionato, lo stesso vale per l'indice di trasporto poiché il peso raccomandato è pari a quello da movimentare (10 Kg).

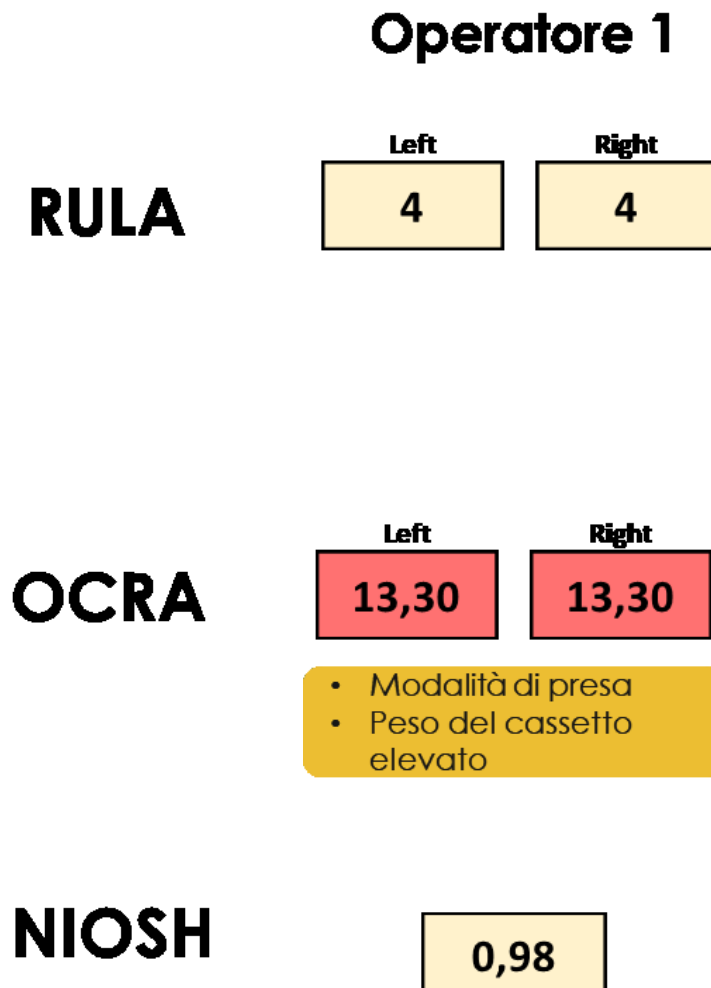


Figura 81: Risultati analisi ergonomica del primo operatore

Per quanto riguarda l'inserimento delle viti, invece, i risultati si sono rivelati più critici di quanto era stato ipotizzato inizialmente, a causa della postura assunta dall'operatrice in cui il braccio destro, con il quale si effettua l'avvitatura, raggiunge dei valori particolarmente elevati tali da incentivare una modifica celere della stazione di lavoro. Inoltre, si evidenzia la totale asimmetria del compito dove il braccio sinistro risulta essere quasi esente da rischi, dato che non viene utilizzato durante l'operazione, tuttavia la postura del tronco e degli arti inferiori, poiché assume una posizione ripetuta con una frequenza elevata, fanno sì che si arrivi ad un valore non trascurabile.

Operatore 2

RULA

Left

4

Right

5

- Flessione braccio superiore a 90°
- Abduzione del braccio
- Flessione del gomito superiore a 90°

OCRA

Right

13,30

- Braccio ad altezza spalla
- Utilizzo dell'avvitatore

NIOSH

Peso < 3 kg

Figura 82: Risultati analisi ergonomica della seconda operatrice

Infine, è stata identificata come postazione più critica quella adibita al carico del carrello al termine della linea di produzione. In particolare, è stato verificato come in entrambi i casi, sia di carico del ripiano più basso che di quello più in alto, si ottengano dei valori tali per cui è necessaria l'implementazione di una soluzione innovativa in modo tale che possa essere ridotto il rischio associato alla postura e alla ripetitività dell'azione. In primis il fattore che rende problematico il compito è il peso dell'oggetto da movimentare, fino a 17 Kg, inoltre per quanto riguarda il ripiano più in basso, tra tutti gli aspetti, uno dei più incisivi è la postura del tronco e del collo che risulta essere del tutto innaturale e forzata. Invece, per il ripiano più in alto la posizione del braccio destro fa sì che il valore del RULA sia molto elevato. Si deve, inoltre, considerare il carico che si va a scaricare sulla schiena e sulle gambe ottenendo quindi i valori massimali di rischio. Un discorso analogo può essere affrontato per la check Lista OCRA dove i valori risultano essere tutti critici, in particolare per il braccio destro quando si va a inserire il cassetto nel ripiano più alto. Si ottengono valori elevati per ogni tipologia di operatore anche per quanto riguarda l'indice di sollevamento, mentre risultano essere accettabili gli indici di spinta e traino.

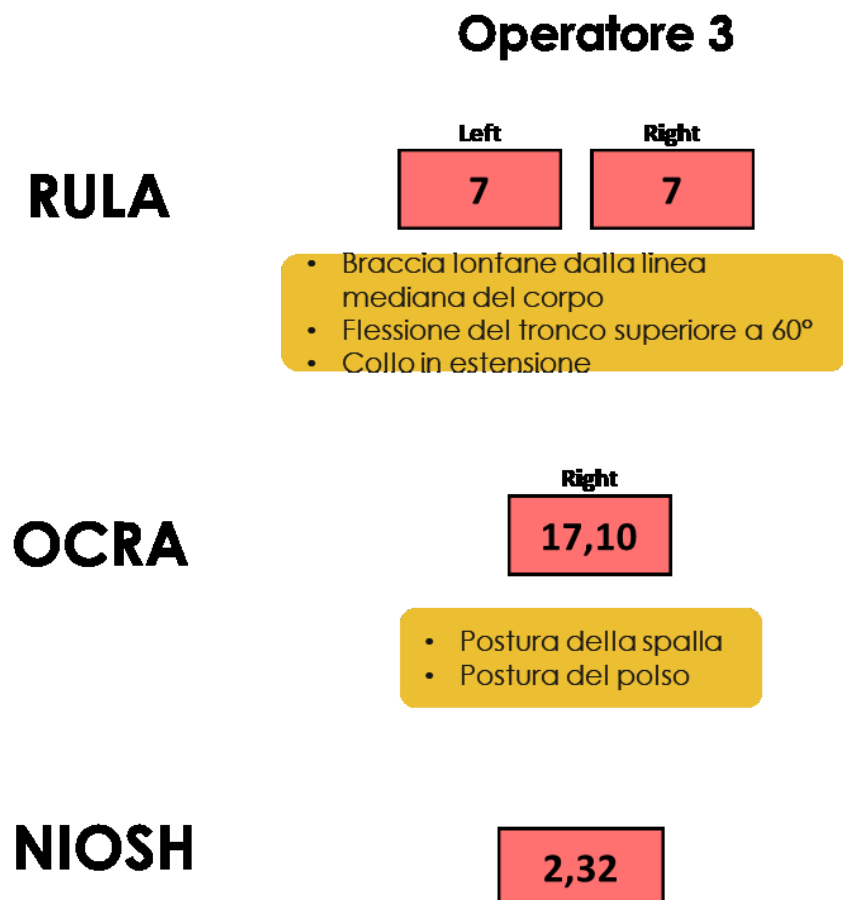


Figura 83: Risultati analisi ergonomica del terzo operatore

Capitolo 5

Elaborazione di soluzioni migliorative

5.1 Postazione di robotica collaborativa

Successivamente, in collaborazione con altri tesisti, sono state analizzate alcune ipotesi al fine di rendere migliore l'ergonomia delle varie postazioni di lavoro. Per quanto riguarda il lavoro del primo operatore, addetto al montaggio del pianale sull'anta, è stato deciso di mantenere le operazioni da compiere analogamente alla situazione precedente, dato che i valori degli indicatori di rischio ottenuti non impongono la necessità di un intervento immediato. Molto più delicata risulta essere la postazione di avvitatura, dove i sorprendenti risultati hanno evidenziato la necessità di una modifica sostanziale di questa fase del ciclo di lavorazione. Si è pensato, nello specifico, di attuare una soluzione di robotica collaborativa, e quindi l'utilizzo di un cobot. Un cobot, o co-robot, è un robot concepito per interagire fisicamente con l'uomo in uno spazio di lavoro. Il termine ha un significato preciso, che deriva dalla combinazione di due parole inglesi *Collaborative* e *roBOT*. Tra le soluzioni di automazione intelligente più avanzate, i cobot sono una tecnologia robotica che coniuga flessibilità operativa e integrativa in grado di interagire in tutta sicurezza con l'ambiente circostante e con gli operatori con cui condividono mansioni. Rispetto ai più tradizionali robot industriali non solo sono estremamente più piccoli e leggeri ma sono anche progettati per lavorare insieme alle persone, questo significa che non hanno bisogno di recinti o gabbie di protezione grazie alle avanzate *safety native* (ad esempio lo stop d'emergenza, lo stop di sicurezza, il limite di forza...), all'uso di sensori innovativi e ad una programmazione evoluta; infatti, i cobot rispettano le distanze di sicurezza tra loro e tra le persone, rallentando nel momento in cui l'operatore si trova nell'area di azione e immobilizzandosi al minimo contatto. I tempi e le distanze degli arresti sono programmabili e personalizzabili, garantendo così la massima flessibilità operativa. Questo consente a questo tipo di soluzioni di svolgere compiti anche molto complessi, interagendo con i colleghi umani in tutta sicurezza.

Tra i punti di forza di questo tipo di soluzioni, è fondamentale la capacità di perfezionare lo svolgimento dei compiti a loro assegnati andando al contempo a incrementare la sicurezza operativa. Tra le caratteristiche dei cobot di nuova generazione, infatti, si evidenzia una maggiore:

- versatilità di impiego
- adattabilità a situazioni non note a priori
- precisione di posizionamento
- ripetibilità di esecuzione



a)



b)

Figura 84: a) - b) Immagini di robotica collaborativa

Nello specifico, la soluzione per la quale si è optato è stata l'UR5 di Universal Robot, una tecnologia collaborativa leggera, pensata per applicazioni di medio carico (5 Kg). Questo robot è adatto ad ogni uso, costruito puntando al massimo della versatilità e dell'adattabilità. È dotato di uno sbraccio pari a 850 mm, un payload di 5 Kg, la base ha un diametro di 149 mm e un peso complessivo del sistema pari a 20,6 Kg.

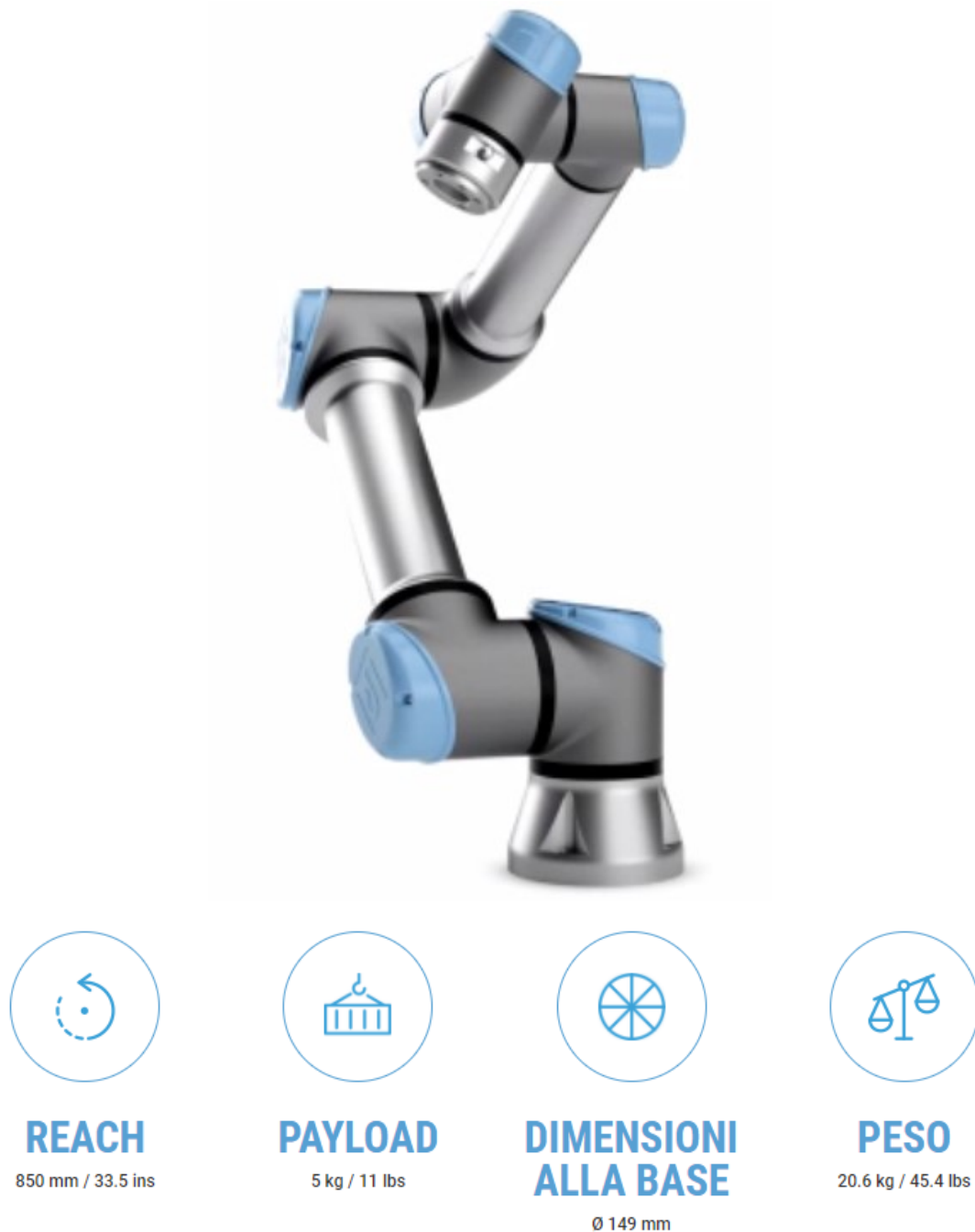


Figura 85: Panoramica UR5

Sono stati ridisegnati i compiti che devono essere svolti dall'operatore addetto all'avvitatura in modo tale da integrare il fattore umano con quello robotico. In particolare, quindi, l'operatrice vedrà stravolte le mansioni che svolgeva precedentemente in modo che non debba assumere le posture che prima erano fonti di dolori e fastidi muscoloscheletrici. La cella collaborativa nella sua completezza è formata da un telaio di supporto del cobot sul quale sono sistemati anche i dispenser che fungeranno da serbatoio delle viti per l'end effector del cobot, in questo caso un avvitatore dotato di una prolunga flessibile così che sia in grado di inserirle in uno spazio ridotto, che non può essere modificato a causa delle esigenze strutturali del cestone.

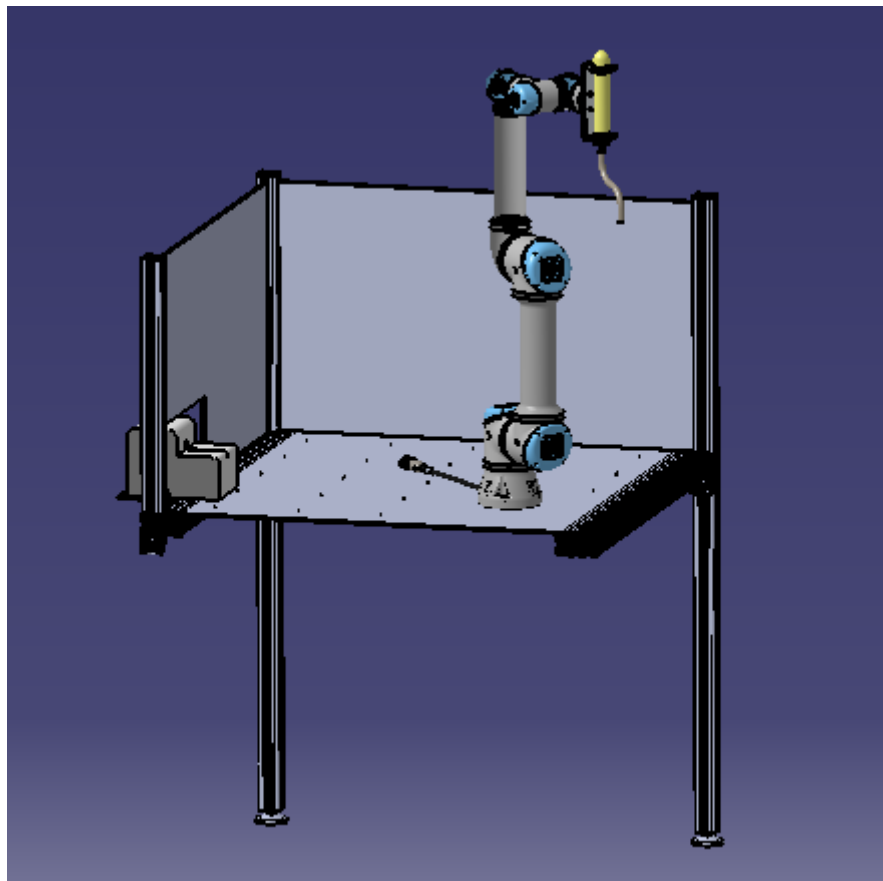


Figura 86: Telaio di supporto con cobot e dispenser - Frontale

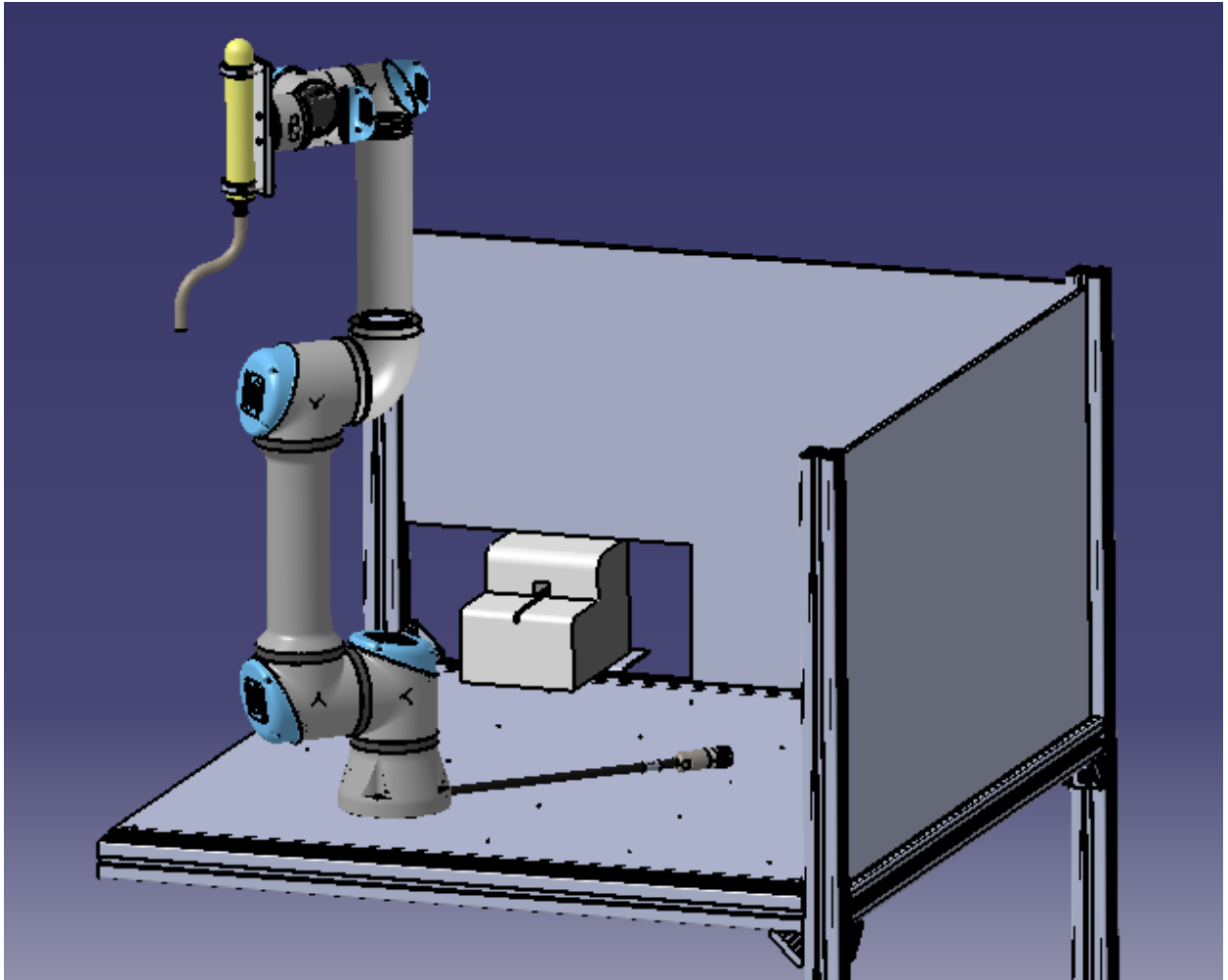


Figura 87: Telaio di supporto con cobot e dispenser - Laterale

Oltre alle risorse puramente collaborative sono presenti altri due elementi con i quali l'operatore sarà a stretto contatto, si tratta di due cinematismi grazie ai quali verrà messo a squadro il cestone in arrivo dalla postazione di assemblaggio e, soprattutto, verrà bloccata la piastrina in modo da consentire l'inserimento delle viti in posizione precisa ed evitando lo scorrimento della placchetta lungo l'anta.

Entrambi questi sistemi sono incernierati al telaio, che risulta essere solidale al profilato laterale del nastro trasportatore grazie all'utilizzo di bullonature interne con viti a testa a martello.

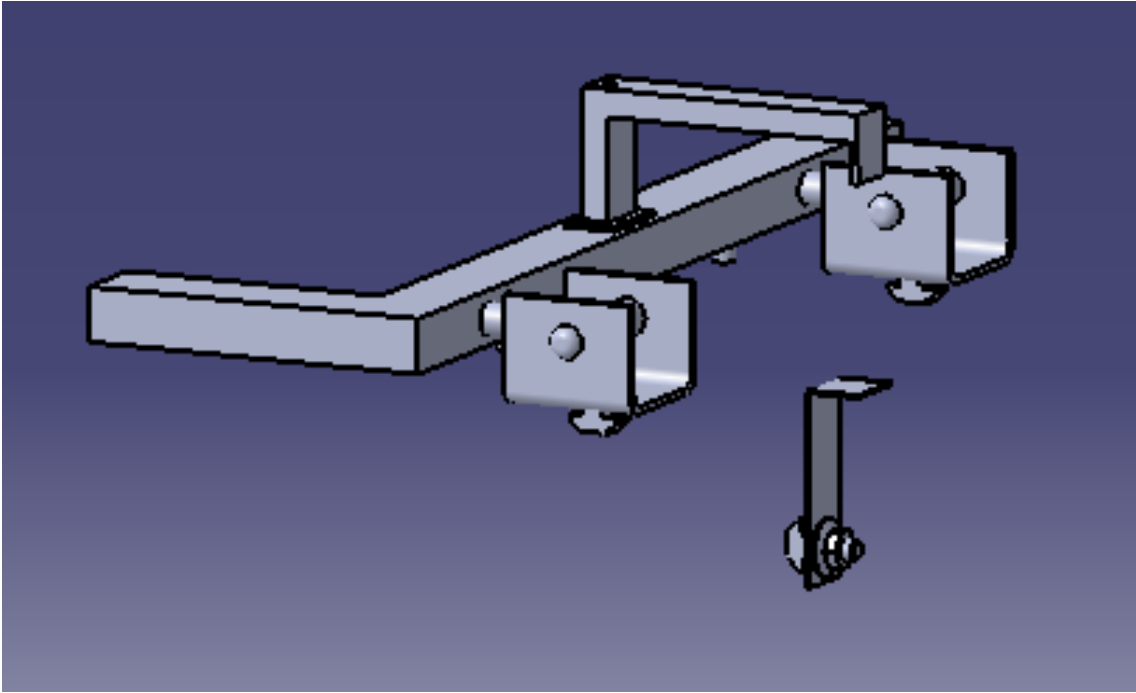


Figura 88: Cinematismo per la messa a squadro del cestone

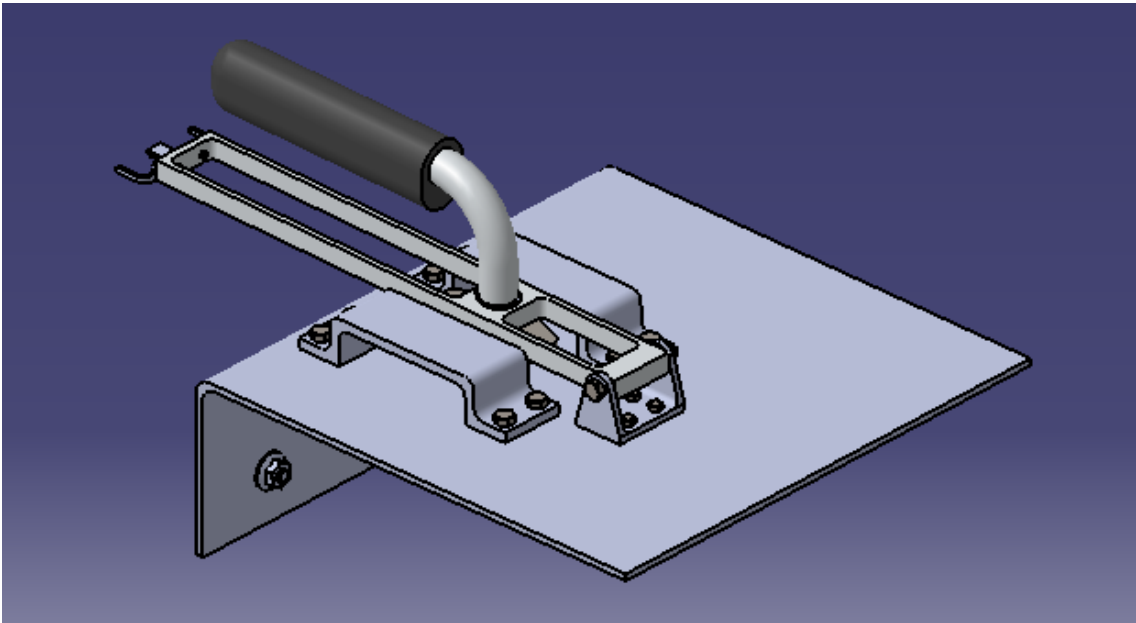


Figura 89: Dispositivo per il bloccaggio della piastrina

Nella sua integrità, quindi, tale postazione sarà composta da tre elementi fondamentali: il telaio di sostegno del cobot, con annessi i dispenser e la struttura dell'UR5, l'elemento per il bloccaggio della piastrina e quello per mettere a squadro il cestone.

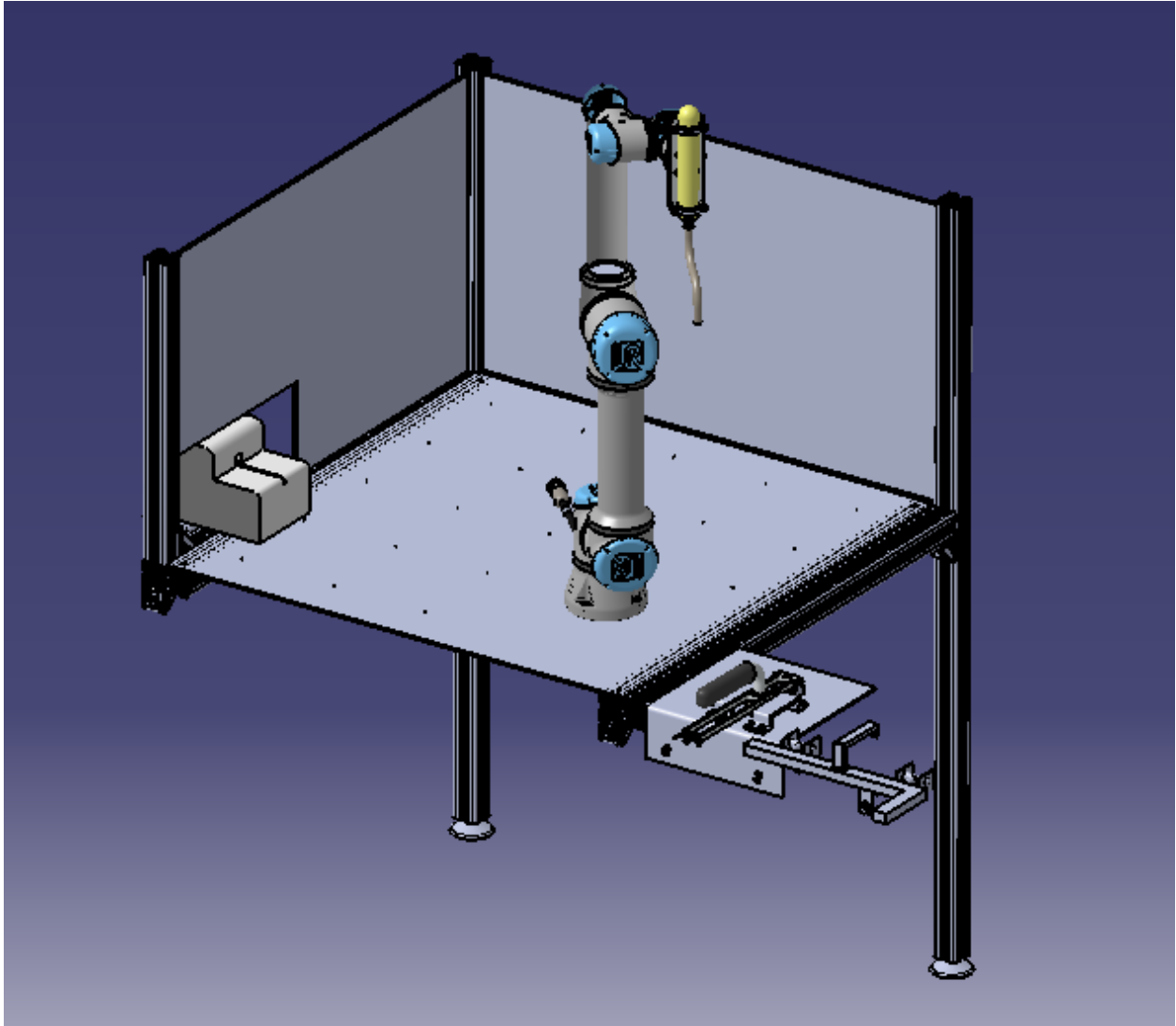


Figura 90: Assieme della cella collaborativa

L'operatrice vedrà stravolto il suo ambiente lavorativo ma, chiaramente, questa modifica ha come scopo principale quello di esulare la lavoratrice dal compito di avvitatura, che verrà affidato completamente all'unità collaborativa mentre la donna si occuperà solamente del posizionamento del pezzo e dell'inserimento della piastrina con relativo bloccaggio.

I task, quindi, che compirà l'operatrice sono i seguenti mostrati in tabella, il tutto ovviamente rispettando i vincoli produttivi, e prestando attenzione alla tempificazione dei compiti garantendo la medesima produttività giornaliera.

Sequenza fasi della cella collaborativa	Tempo (s)	
Abbassamento del sistema di posizionamento per il cestone	1	O
Posizionamento del cestone	1	O
Inserimento della prima vite sul cestone	8	C
Inserimento piastrina sul cestone	2	O
Bloccaggio della piastrina con apposito sistema	2	O
Inserimento prima vite verticale sul cestone	7	C
Inserimento seconda vite verticale sul cestone	12	C
Sbloccaggio della piastrina	2	O
Sollevamento del sistema di posizionamento per il cestone	1	O
Spostamento del pezzo alla postazione successiva tramite nastro trasportatore	5	-

Tabella 14: Fasi della cella collaborativa

Il tempo complessivo delle operazioni è pari a 41 secondi, sicuramente superiore rispetto a quello precedente, ma comunque inferiore al tempo di lavorazione della macchina CNC. Inoltre, la velocità di esecuzione del cobot è stata calcolata considerando una velocità relativamente bassa dello stesso, tale per cui vengano rispettati ampiamente i criteri di sicurezza. È possibile, quindi, aumentare tale velocità di movimento al fine di ridurre il tempo complessivo del ciclo per ottenere un miglior bilanciamento della linea.

5.2 Postazione adibita al carico dei cestoni sui carrelli

L'argomento che ha riguardato gran parte del lavoro in questo elaborato riguarda la riprogettazione della postazione finale della linea di produzione, quella più critica, e che, a seguito delle valutazioni effettuate sperimentalmente e tramite la simulazione, hanno evidenziato la necessità di un intervento migliorativo immediato. In particolare, la postura assunta dall'operatore è assolutamente incongrua, lo sforzo compiuto per il sollevamento e la movimentazione, sommato alla ripetitività dell'attività, rendono tale postazione la più grande fonte di rischio dell'intera linea e quindi tale compito risulta essere insostenibile per l'operatore. Il fattore che si è cercato di limitare immediatamente, al fine di ridurre il rischio tempestivamente, è stato il peso del cestone, pari a 15 o 17 Kg. Indagando sulle nuove tecnologie messe a disposizione dal progresso industriale è stato deciso di utilizzare uno strumento che si sta affermando in ogni settore e che rappresenta la migliore soluzione ai problemi di movimentazione manuale dei carichi, si tratta degli azzeratori di peso. Questi sollevatori, infatti, permettono di "eliminare il peso" dell'oggetto da trasportare tramite delle tecnologie che vanno dai sistemi a molla ai ben più efficienti sollevatori a vuoto. Questi, permettono di movimentare i prodotti all'interno di un determinato spazio di lavoro stabilito dal gruppo di sostegno dell'azzeratore, riuscendo a posizionare il pezzo in svariate posizioni, riuscendo a coprire qualsiasi altezza, da ripiani in alto fino alla sistemazione dei pezzi sul pavimento. Nello specifico, grazie ad un lavoro a stretto contatto con l'azienda, si è optato per l'utilizzo di un sollevatore a tubo a vuoto dell'azienda tedesca Schmalz. Questa compagnia offre una vasta gamma di prodotti in grado di garantire un flusso di materiale assolutamente efficiente. In particolare, i sollevatori tubo a vuoto Jumbo garantiscono una movimentazione velocissima, coprendo vastissimi campi di applicazione che spaziano dalla spedizione fino ai più generici compiti di sollevamento, come nel caso in esame. Grazie al comando intuitivo è possibile muovere i carichi in modo rapido, preciso e, soprattutto, ergonomico dimostrandosi una soluzione ottimale alla collaborazione uomo macchina. I sollevatori di questo tipo sono svariati, in particolare si differenziano per i vari tipi di manipolatori che consentono l'adempimento di vari compiti in ambiti differenti. Nello specifico, è stato opzionato il sollevatore tubo a vuoto Jumbo con manipolatore High-Stack, una soluzione sicura ed ergonomica per l'impilamento dei prodotti fino ad un'altezza di 255 cm grazie al particolare manubrio di cui è dotato.

Ideale per il trasporto di merci fino a 50 Kg caratterizzate da una determinata ripetitività del ciclo, ottimo per il posizionamento dei prodotti vicino al pavimento facendo in modo che l'operatore mantenga una posizione eretta.



a)



b)

Figura 91: a) - b) Azzeratore di peso SCHMALZ

Grazie alla particolare forma del manipolatore, quindi, risulta essere la soluzione ideale per l'applicazione di interesse, infatti, permette di raggiungere facilmente le posizioni dei ripiani del carrello senza creare problemi posturali ed eliminando il peso, che rendeva la movimentazione assolutamente problematica.

La gru di sostegno ha un'altezza totale pari a 3,9 m, mentre arriva ai 3,5 m sotto trave; inoltre, lo sbraccio raggiunge i 4 m garantendo un'area di applicazione molto vasta. Il diametro del tubo, pari a 60 mm, garantisce il sollevamento di oggetti con masse elevate tramite una forza generata dal vuoto che può essere modulata direttamente dall'azione dell'operatore sul manipolatore.

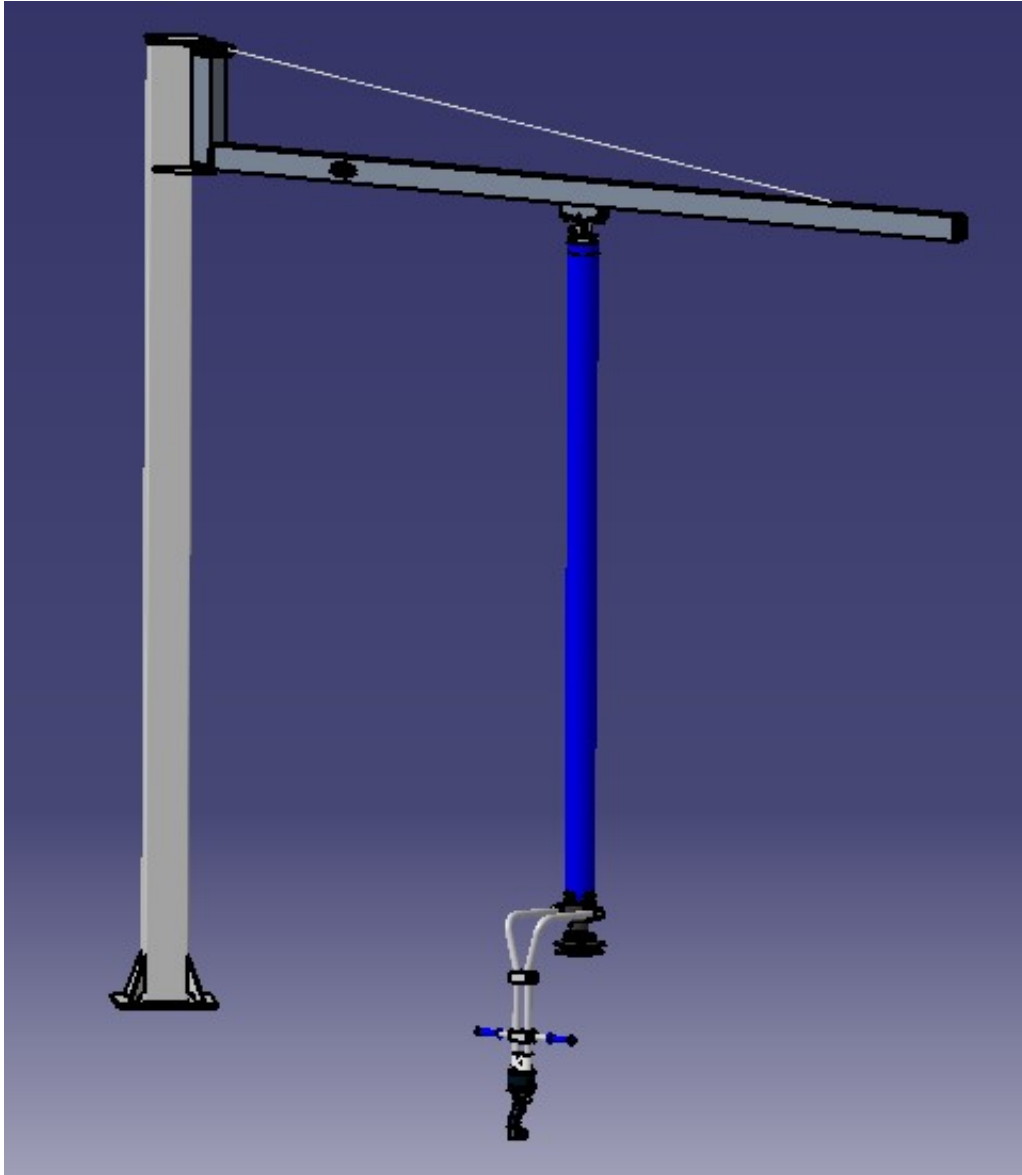
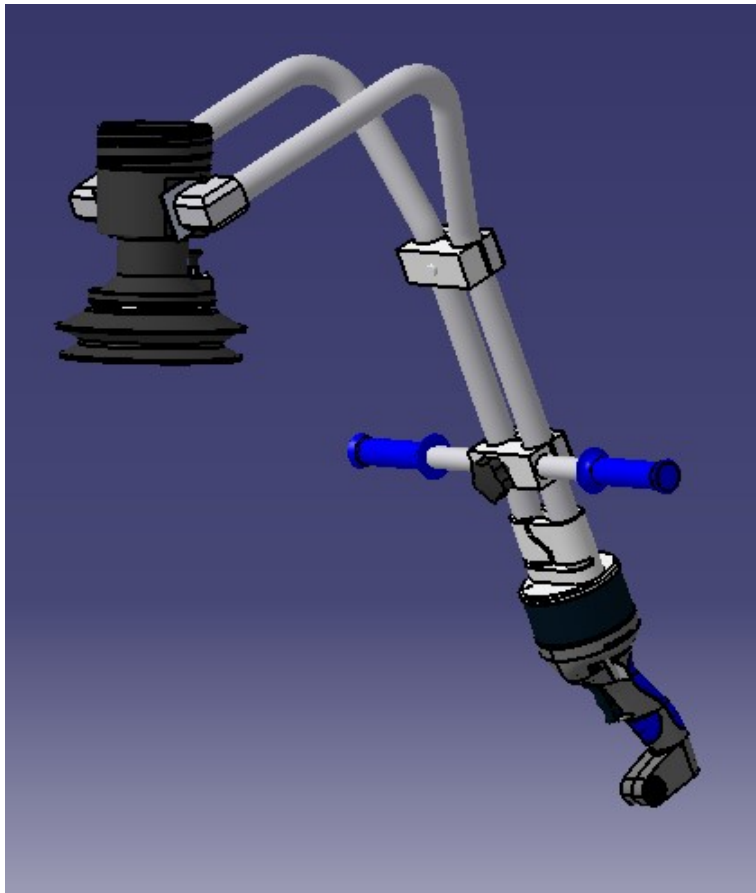


Figura 92: Assieme azzeratore di peso Jumbo Flex High - Stack



a)



b)

Figura 93: a) - b) Focus sul manipolatore

Successivamente, è stata presa in considerazione l'ipotesi di riprogettare l'intero carrello sul quale andare a sistemare i cestoni per cercare di limitare le criticità legate alla movimentazione manuale interna degli stessi, pesanti e ingombranti, i quali richiedevano la presenza di due operatori, e andando incontro alla necessità aziendale che aveva esternato la volontà di sostituire gli ormai obsoleti carrelli che venivano utilizzati all'interno dello stabilimento. Nello specifico sono state pensate due soluzioni prendendo spunto dalla struttura adottata al momento, soprattutto per quanto riguarda le dimensioni, cercando però di dotarli di una flessibilità tale per cui anche gli altri reparti riescano a godere dei vantaggi ottenuti da tale rinnovamento. La prima proposta consiste in un carrello compatto dotato di otto ripiani per l'alloggiamento dei cestoni, più leggero e maneggiabile rispetto alla situazione attuale ma comunque resistente.

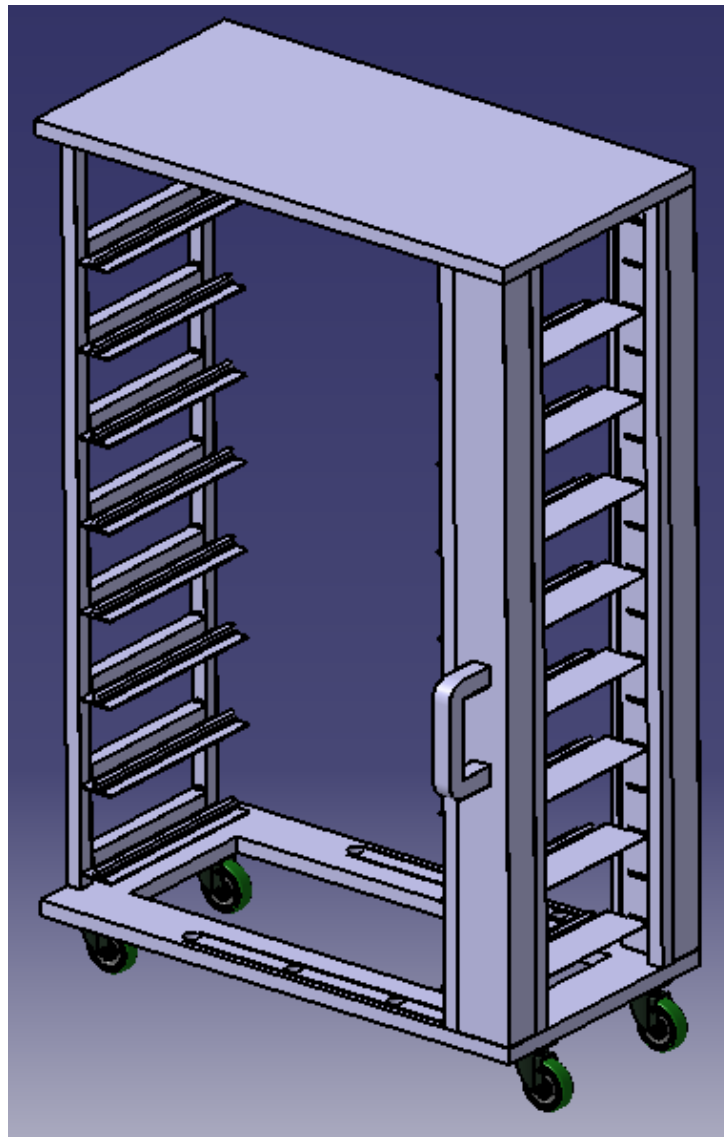


Figura 94: Prima versione del carrello riprogettato

La principale caratteristica è la modulabilità sia laterale, che in altezza, in questo modo è possibile inserire all'interno di tale carrello tutti i prodotti delle stesse dimensioni come cestoni o cassette, con ingombri ridotti, una volta determinata a priori la larghezza dei pezzi che verranno realizzati. La possibilità di variare la larghezza del carrello è garantita da un sistema a scorrimento a guida formato da due aste, una anteriore e una posteriore, sulle quali sono sistemate le alette di sostegno dei pezzi da caricare e da una traccia, sulla base inferiore e su quella superiore, che determina il percorso lungo le quali scorreranno tali supporti.

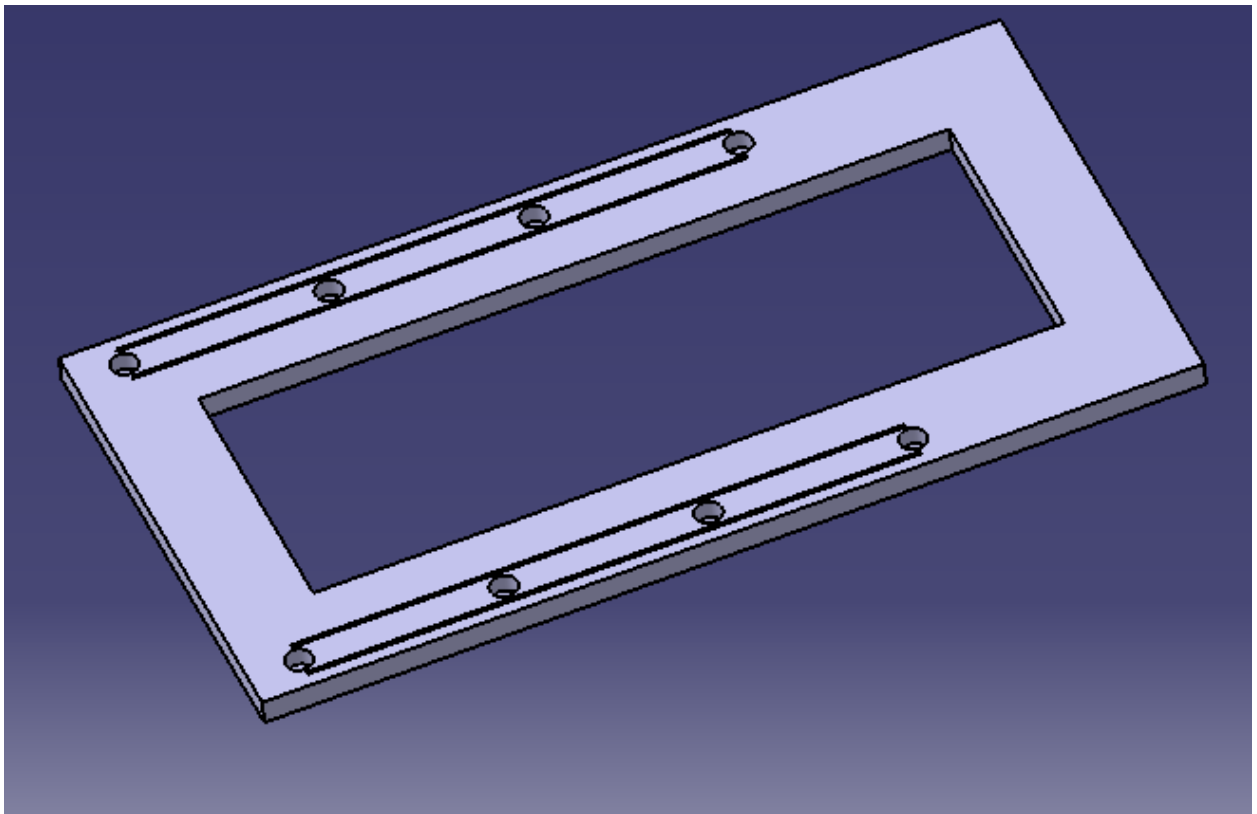


Figura 95: Base con le guide di scorrimento

Di fianco alle aste di scorrimento sono locati, inoltre, i dispositivi di bloccaggio frontale dei cestoni, i quali, sfruttando la medesima guida sulla base, scorrono fino ad occupare la posizione tale per cui il pezzo non riesce ad uscire dal suo scompartimento. Tali aste di bloccaggio, inoltre, sono dotate di una spazzola in tutta la loro lunghezza che permette di evitare il contatto diretto con le ante eliminando il rischio di incappare in graffi o difetti a causa dello spostamento del cestone.

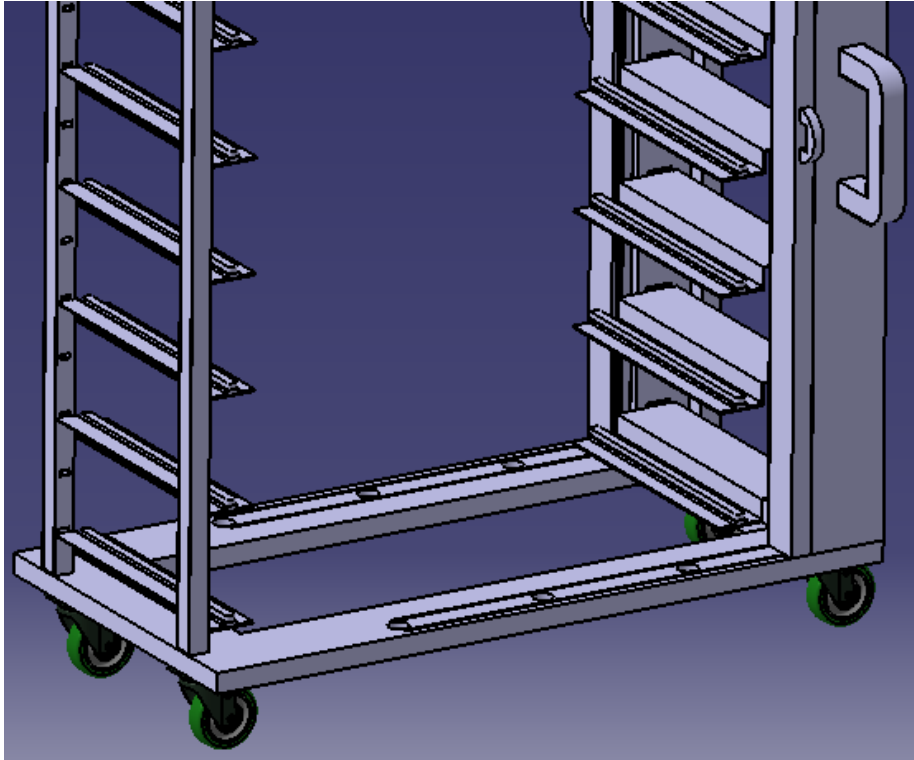


Figura 96: Asta di bloccaggio e di scorrimento assemblate

Tali spazzole appartengono al catalogo dell'azienda tedesca Mink Bürsten, una piccola impresa specializzata nella realizzazione di tali componenti che si offre di realizzare soluzioni su misura per ogni esigenza del committente. Nello specifico si tratta di spazzole a listello standard, modello STL600, dotate di setole con lunghezza limitata contrattata con il fornitore stesso, e un supporto sagomato per favorire l'assemblaggio delle stesse sulle varie aste e su ogni aletta laterale.

STL600

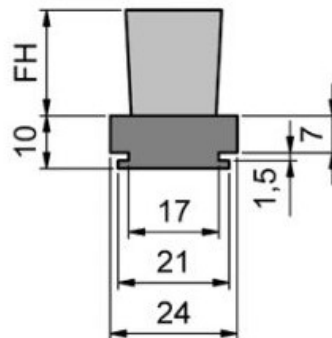
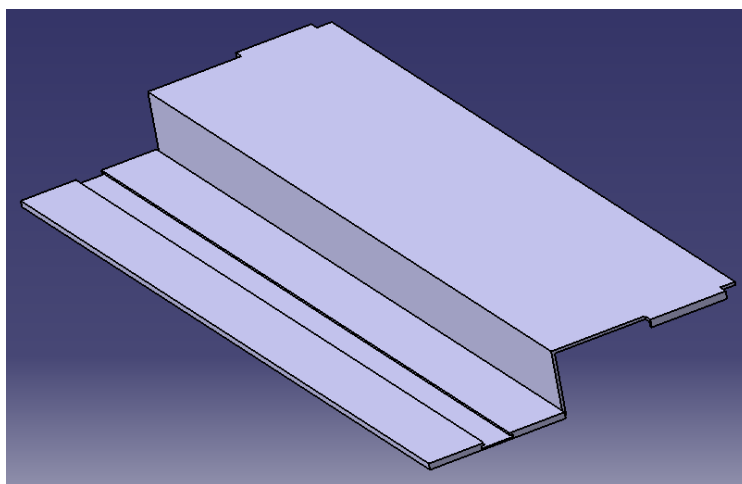
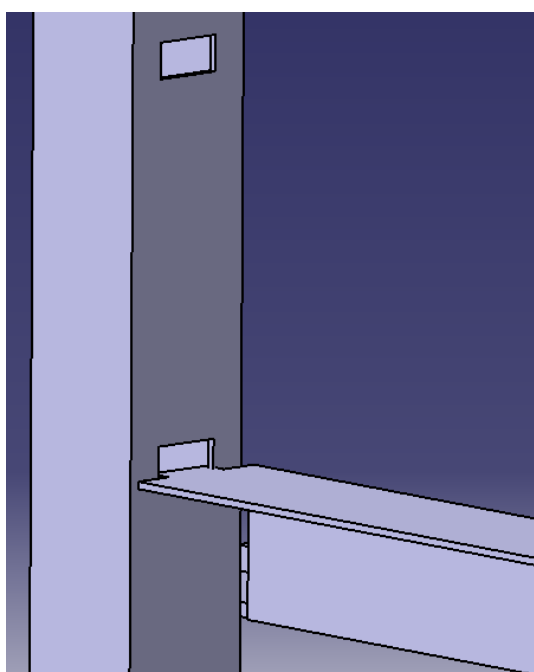


Figura 97: Spazzola Mink Bürsten STL600

Per quanto riguarda, invece, la modulabilità in altezza, è stata determinata una particolare configurazione delle alette laterali al fine di garantirne un assemblaggio rapido e, allo stesso tempo, mantenendo il valore di resistenza strutturale ottimale al fine di sostenere oggetti di peso crescente a seconda delle dimensioni dell'anta. Queste, sono dotate di un supporto laterale che si inserisce all'interno dei fori sulle aste di sostegno del carrello che rendono possibile il loro montaggio a qualsiasi altezza in modo da consentire l'allocatione, contemporaneamente, di cestoni e cassette, nonostante abbiamo ingombri differenti.



a)



b)

Figura 98: Configurazione delle alette laterali (a) e metodo di regolazione in altezza (b)

In seguito, viene mostrata un'immagine renderizzata del prodotto in modo da rendere più chiare le caratteristiche del carrello ed evidenziare tutti gli elementi che lo compongono.



Figura 99: Rendering 1 della prima alternativa



Figura 100: Rendering 2 della prima alternativa

In seguito, è stata proposta un'alternativa, molto apprezzata dall'azienda, che garantisca una struttura del carrello ancora più snella, riducendo in maniera più significativa le criticità legate al suo trasporto, e aumentando notevolmente la flessibilità della produzione, rendendo possibile caricare su tale carrello qualsiasi prodotto di ogni dimensione.

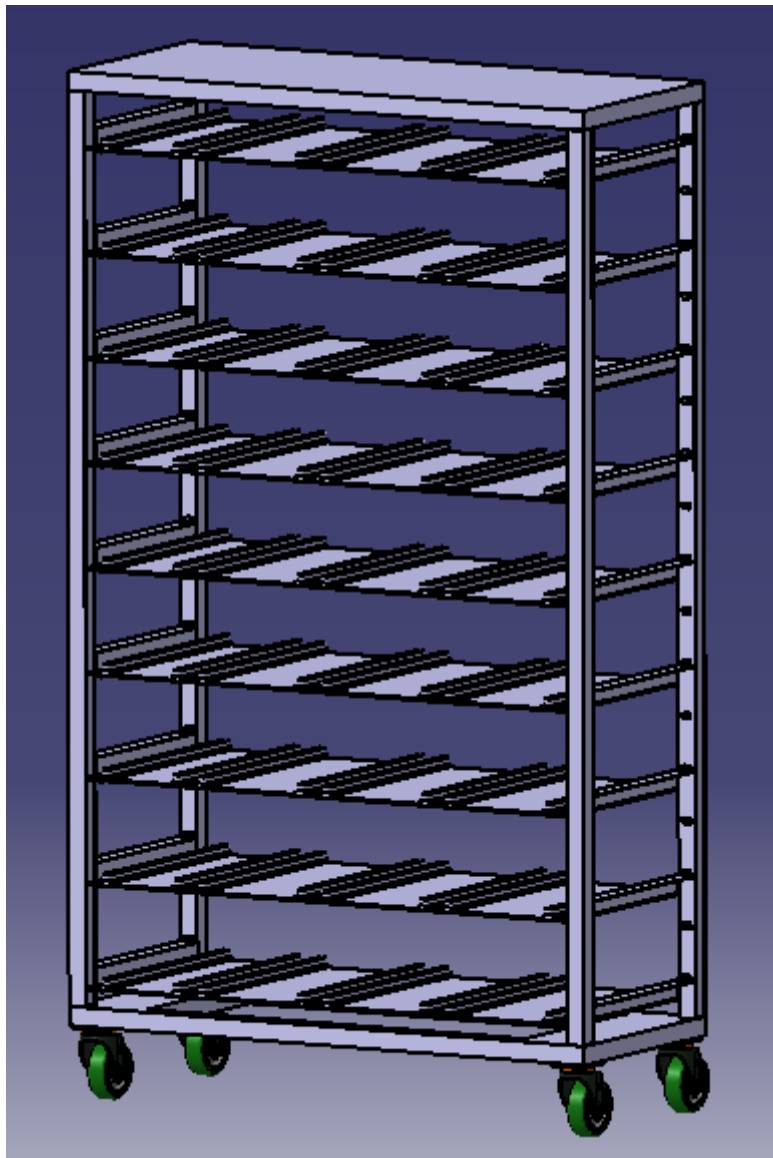


Figura 101: Seconda versione del carrello riprogettato

Il concetto di modulabilità, in questo progetto, si basa sull'unione delle alette, che non risulteranno più separate come nel caso precedente, consentendo di inserirvi qualsiasi cestone, senza differenziarli a causa delle differenze di larghezza delle ante e dei piani.

Tali elementi saranno quindi unici, anch'essi garantiranno la modulabilità in altezza del carrello tramite lo stesso sistema del prototipo precedente, e saranno completamente dotate di spazzole in modo da rendere più facile l'inserimento e limitando fortemente i possibili difetti legati a tali attività.

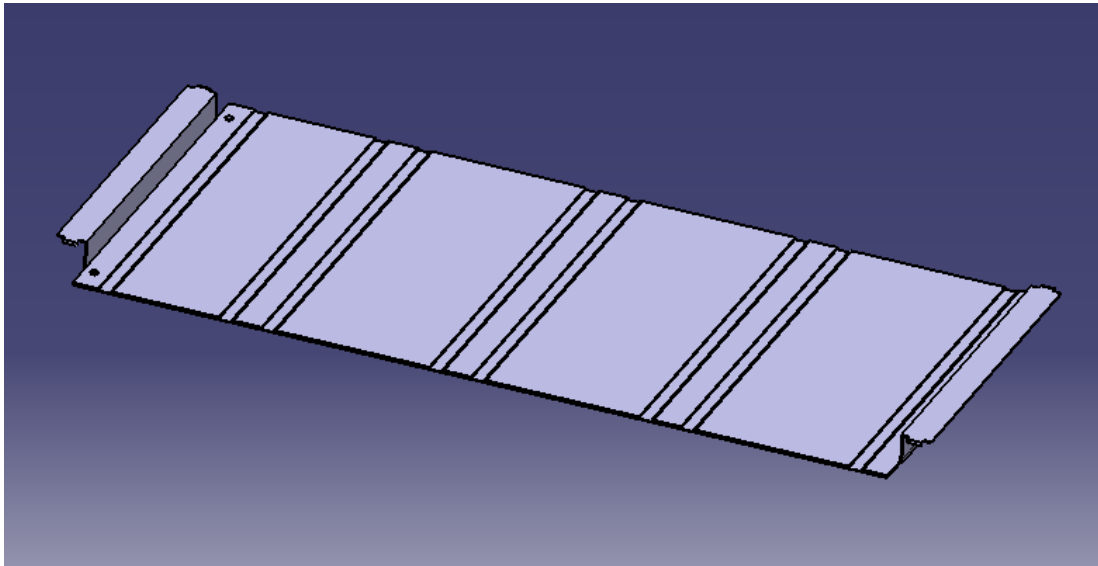
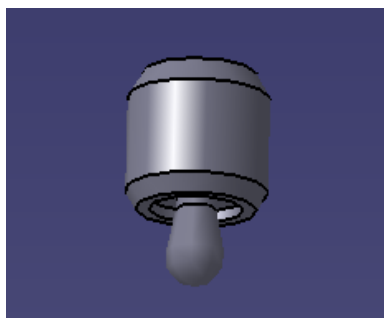
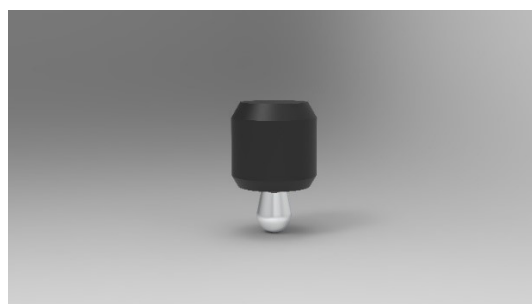


Figura 102: Configurazione dei ripiani della seconda alternativa

I fori sulla lamiera hanno la funzione di alloggiamento per degli elementi che garantiranno ai cestoni di mantenere la loro posizione, in modo tale che, a seguito della movimentazione dei carrelli, non riescano ad uscire frontalmente dall'apposito ripiano. Tali elementi sono dei pressori elastici a molla, questi particolari strumenti garantiscono l'inserimento del prodotto a seguito dell'applicazione di una forza esercitata dall'operatore, ma, allo stesso tempo riusciranno a mantenere fermo il cestone, o il cassetto, non consentendo moti laterali o frontali grazie alla rigidità della molla interna che ha un'azione stabilizzante.



a)



b)

Figura 103: Modello CAD pressore elastico a molla (a) e rendering dello stesso (b)

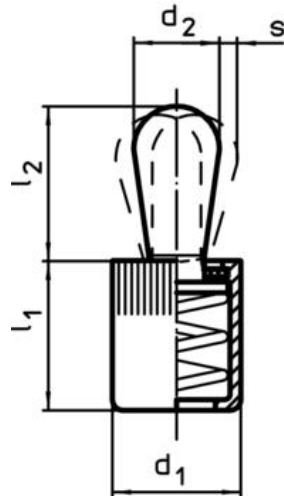


Figura 104: Disegno del pressore elastico a molla

Posizionando, quindi, due pressori su ogni aletta è possibile garantire l'inserimento di otto cestoni su ogni scaffale, riuscendo a bloccarli tutti senza incorrere in problemi di logistica interna.

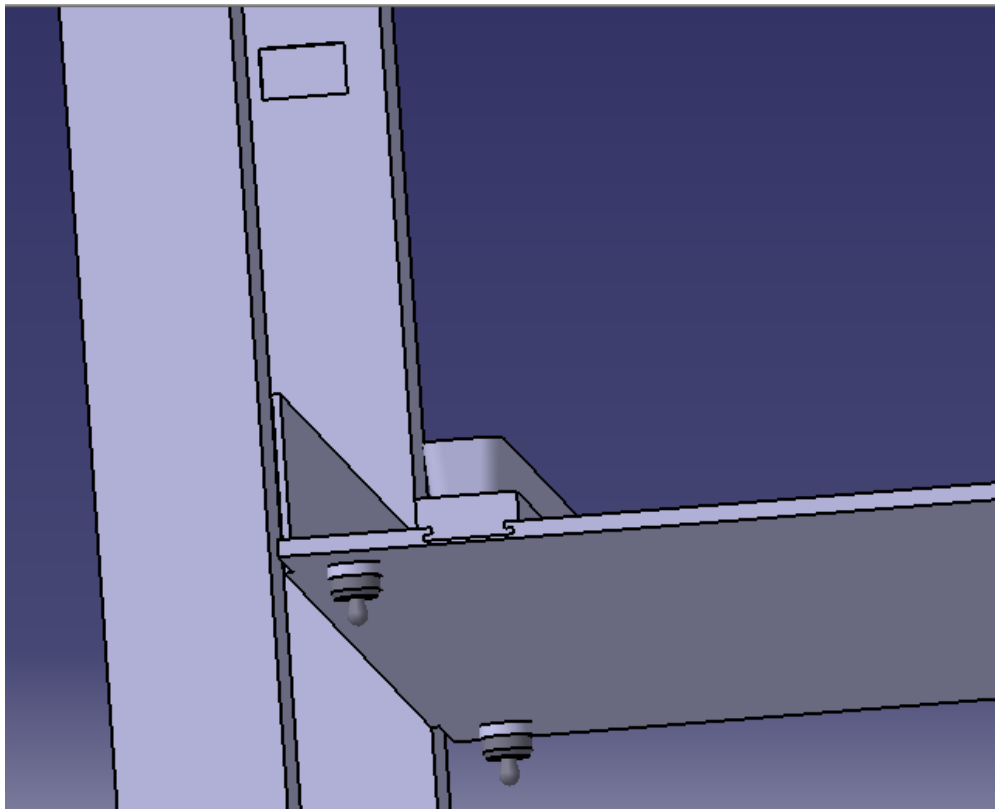


Figura 105: Posizionamento dei pressori elastici

Inoltre, la stabilità laterale sarà garantita anche dalla presenza delle spazzole, che appositamente accoppiate, svilupperanno un'azione bloccante sul fianco del pianale inserito nel carrello.

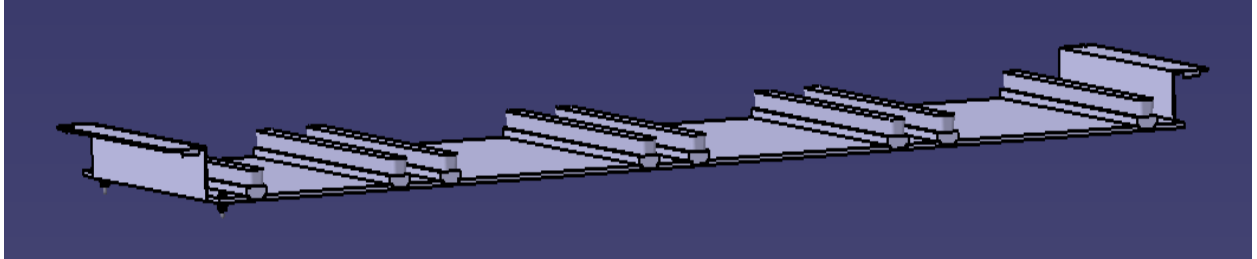


Figura 106: Spazzole montate a distanza predefinita sul ripiano

Grazie a tale situazione, è possibile disporre di tutte le caratteristiche richieste dall'azienda, e quindi stabilità, snellezza e, soprattutto, modularità, sia in altezza che in larghezza, riuscendo a svincolare la produzione dalla capacità dei carrelli di essere riempiti da pezzi delle stesse dimensioni.



Figura 107: Rendering 1 della seconda alternativa

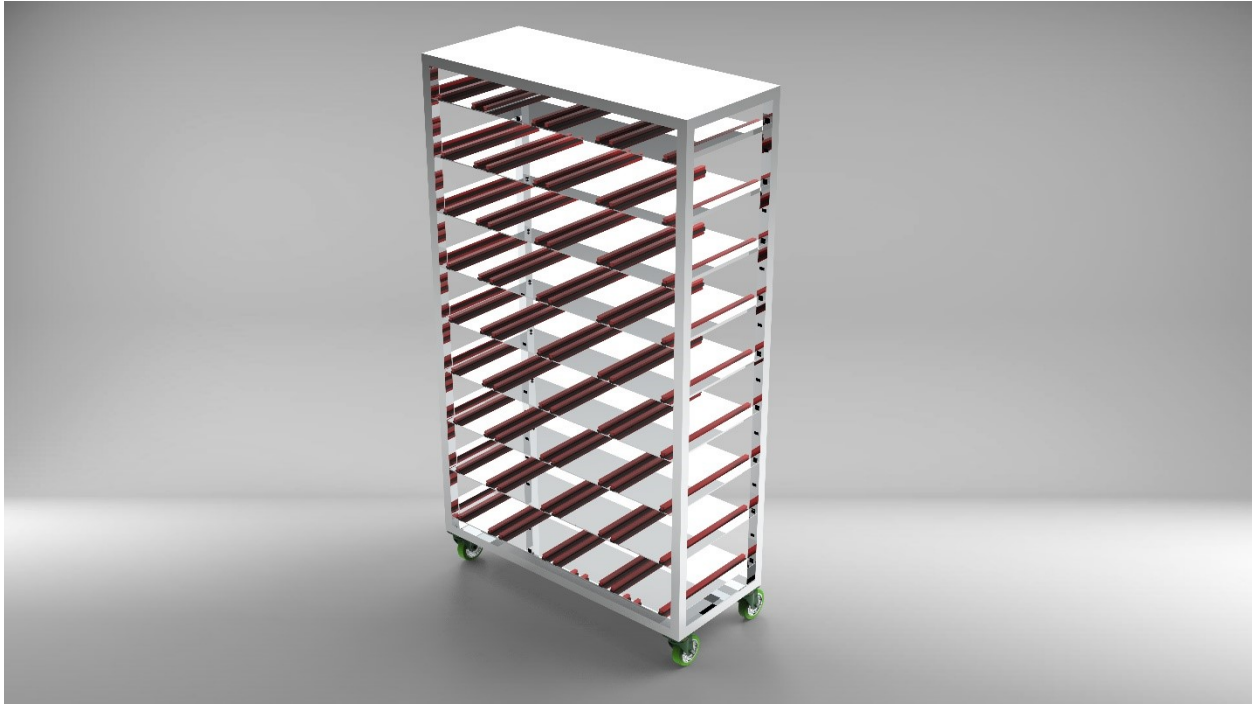


Figura 108: Rendering 2 della seconda alternativa

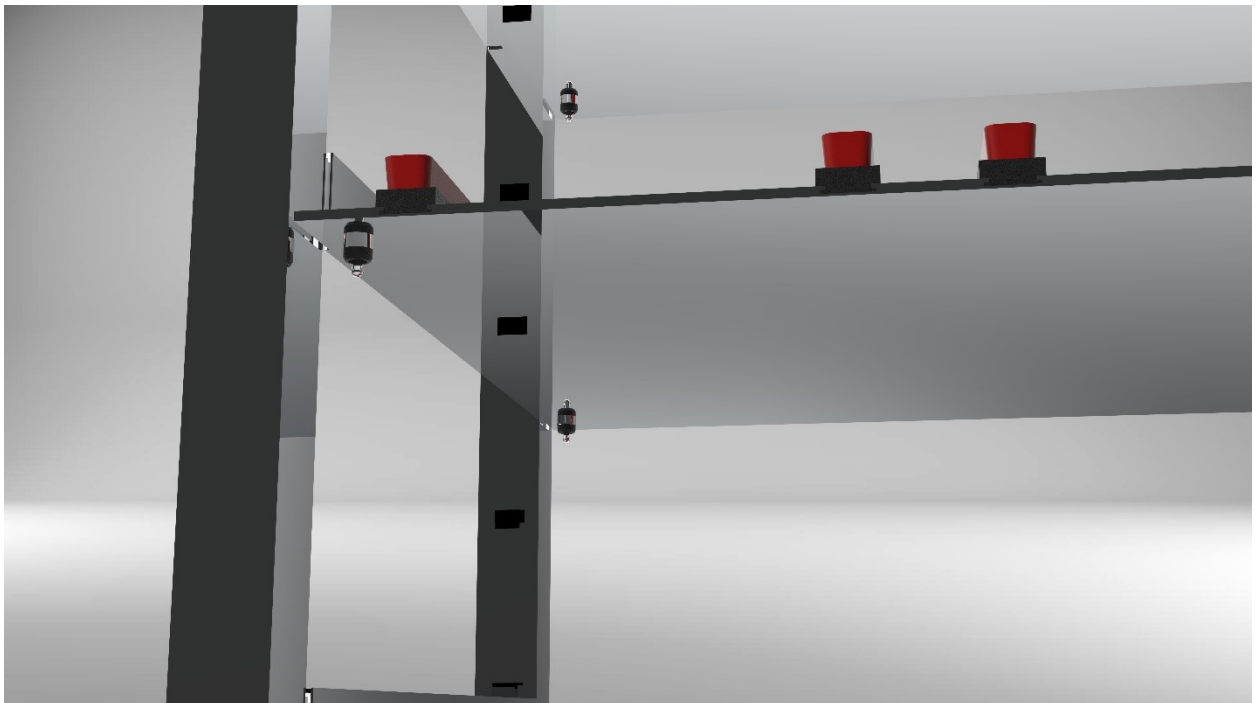


Figura 109: Rendering 3 della seconda alternativa – Focus sui pressori

L'ultima fase riguarda la definizione dei compiti che dovrà svolgere il terzo operatore, il quale si occuperà, anche in questo caso, del montaggio delle spondine e del carico del cestone sul carrello. In particolare, la sequenza delle operazioni sarà quella indicata nella tabella seguente in cui vengono definiti anche i tempi necessari al completamento delle stesse per valutare la possibilità di rispettare la produttività richiesta.

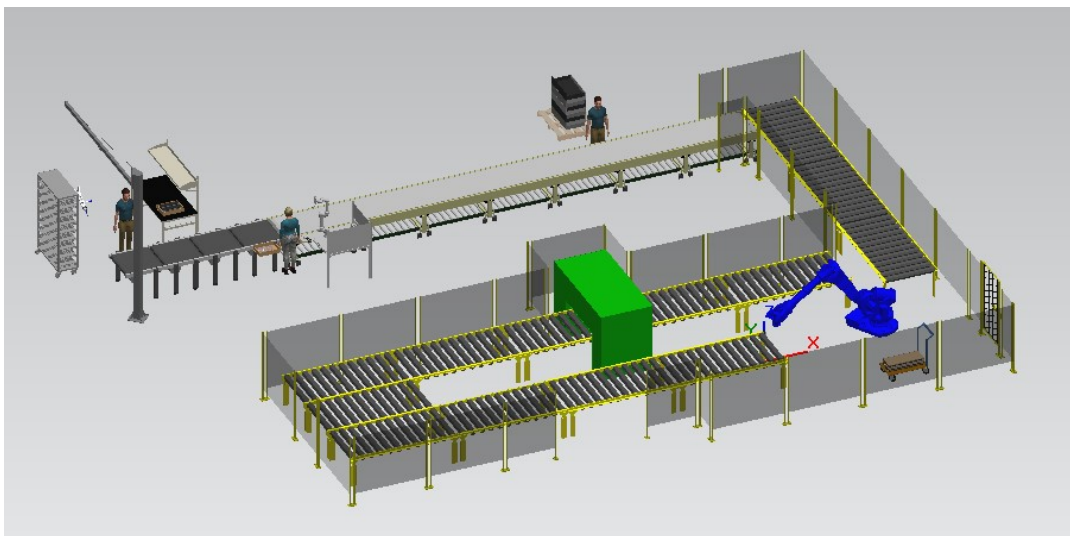
Sequenza fasi del carico del cestone sul carrello	Tempo (s)
Avvicinamento del cestone	2
Inserimento spondina destra	4
Inserimento spondina sinistra	4
Rotazione del cestone	1
Aggancio del cestone all'azzeratore	1
Posizionamento del manipolatore	16
Inserimento cestone nel carrello	2

Tabella 15: Sequenza operazioni della terza postazione

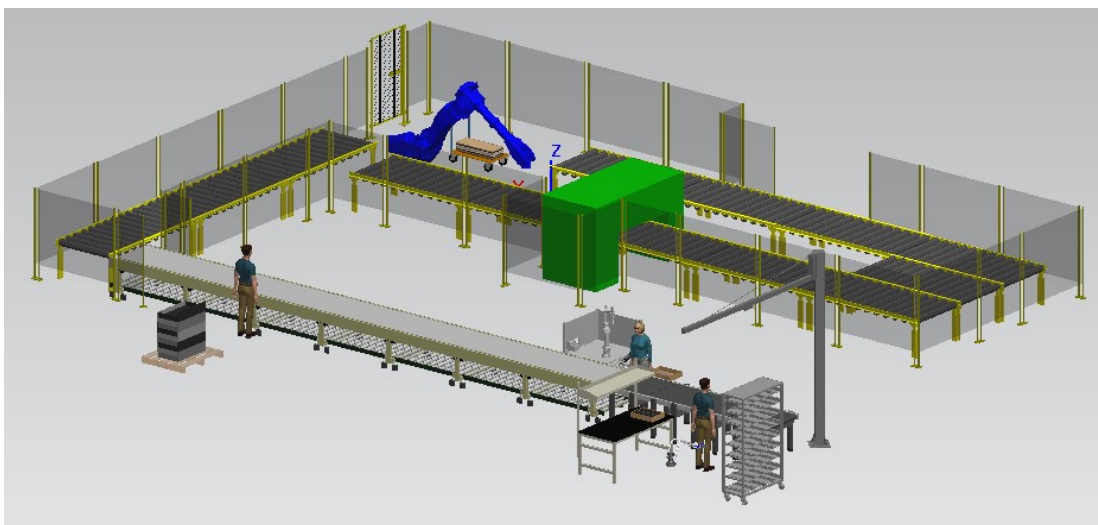
Il tempo legato al completamento delle operazioni risulta pari a 30 secondi e, quindi, superiore al valore attuale di 20 secondi; tuttavia, il calcolo è stato fatto basandosi su situazioni in cui l'operatore si trovava per la prima volta ad utilizzare una simile tecnologia ed è facilmente dimostrabile come il tempo di manipolazione dello strumento raggiunga valori ben più inferiori non appena il lavoratore abbia maggior confidenza con il manubrio stesso in modo da ridurre il valore complessivo avvicinandosi molto a valori del caso attuale, riuscendo quindi a mantenere inalterato il ritmo produttivo e non avendo alcun effetto sulla produzione. In questa fase di fondamentale importanza è stato lo strumento di simulazione che ha permesso una tempificazione più accurata facendo in modo che l'operazione venga effettuata garantendo la corretta postura del corpo ed evitando, quindi, di sottostimare le tempistiche, aspetto che avrebbe comportato una scorretta manipolazione dello strumento di movimentazione.

5.3 Simulazione del layout finale della linea di produzione

L'ultima fase dello studio in esame riguarda la simulazione della linea di produzione dotata delle soluzioni migliorative precedentemente progettate, al fine di verificare la produttività della linea stessa e, soprattutto, il miglioramento ergonomico, obiettivo primario di questo elaborato. Dopo aver modellato la linea di produzione inserendovi la cella collaborativa e l'azzeratore di peso, nello specifico il manipolatore, è stato possibile simulare il corretto susseguirsi delle attività da compiere per ogni operatore e di valutarne gli aspetti posturali creando lo Human Report relativo al RULA delle operazioni più critiche.



a)



b)

Figura 110: a) - b) Layout finale della linea di produzione riprogettata in Tecnomatix

In particolare, la postazione del primo operatore è rimasta inalterata, mentre per quanto riguarda quelle successive sono stati inseriti tutti i componenti progettati al fine di migliorare le condizioni di lavoro. Per quanto riguarda, nello specifico, l'azzeratore di peso è stato nascosto il tubo di collegamento del manipolatore per motivi di visualizzazione, così come, nelle analisi seguenti è stato deselezionata la gru di sostegno dell'annullatore di peso per visualizzare correttamente le posture assunte dall'operatore.

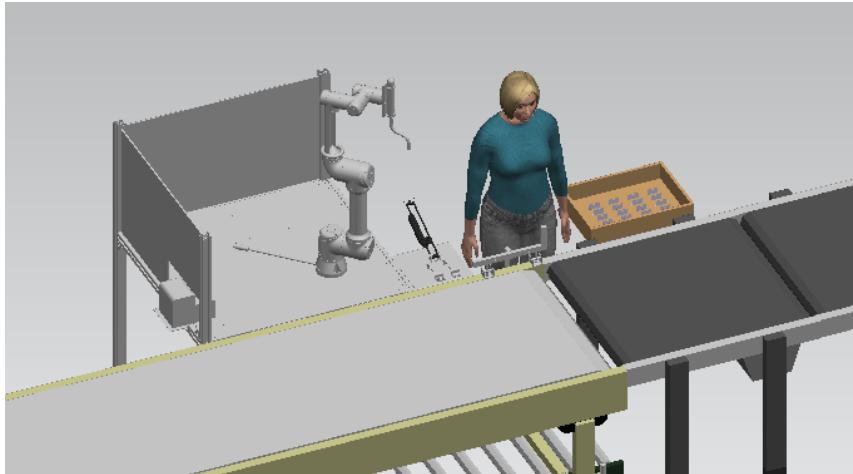


Figura 111: Seconda postazione con cella collaborativa - Tecnomatix

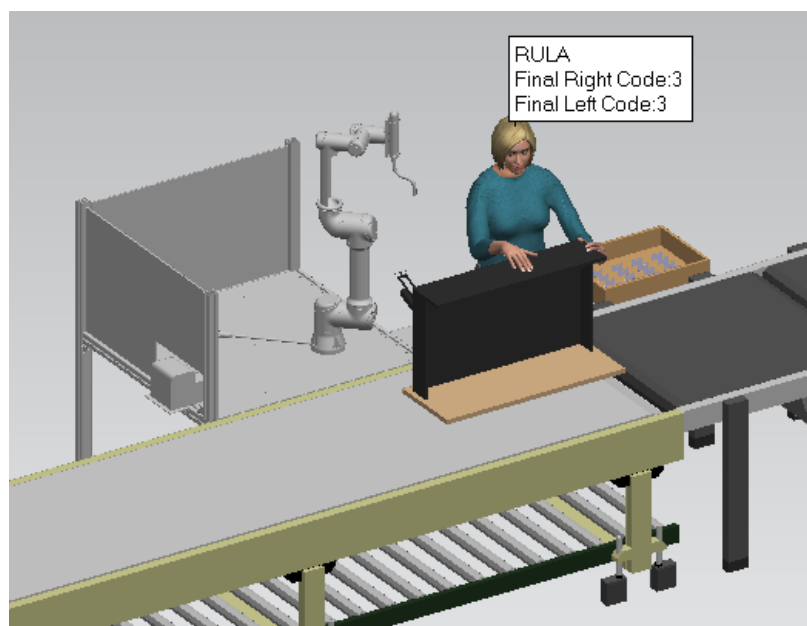


Figura 112: Terza postazione con azzeratore di peso - Tecnomatix

Successivamente sono state analizzate le posizioni più critiche relativamente alla nuova sequenza di attività con il metodo RULA. La prima valutazione riguarda la postura assunta dalla seconda operatrice nel momento in cui avvicina a sé il cestone, in modo da rendere possibile il lavoro del robot collaborativo, mettendolo a squadro contro il sistema appositamente progettato.



a)



b)

Figura 113: a) – b) Postura della seconda operatrice analizzata nella simulazione a seguito della riprogettazione

A. Arm and Wrist Analysis - Right Arm					Score
Step 1: Locate Upper Arm Position					
-20 to 20	less than -20	20 to 45	45 to 90	more than 90	
1	2	2	3	4	
Upper Arm Angle	54				
Step 1a: Adjust...					
if shoulder is raised +1					
if upper arm is abducted +1					
if arm is supported or person is leaning -1					
Final Upper Arm Score:	4				
Step 2: Locate Lower Arm Position					
60 to 100	more than 100 or less than 60				
1	2				
Lower Arm Angle	71				
Step 2a: Adjust...					
if arm is working across midline of body or out to side of body +1					
Final Lower Arm Score:	1				
Step 3: Locate Wrist Position					
0	-15 to 15	more than 15	less than -15		
1	2	3	3		
Wrist Angle	30				
Step 3a: Adjust...					
if wrist is bent away from midline +1					
Final Wrist Score:	3				
Step 4: Wrist Twist					
if wrist is twisted mainly in mid-range	if twist at or near end of twisting range				
1	2				
Wrist Twist Angle	-61				
Wrist Twist Score:	2				
Step 5: Locate Posture score from Table A - right:					
					4
Step 6: Add Muscle Use Score					
if posture mainly static (i.e. held for more than 1 minute) +1					
if action repeatedly occurs 4 times per minute or more +1					
Muscle Use Score:	0				
Step 7: Add Force Use Score					
if load less than 2Kg +0					
if 2Kg to 10Kg (intermittent) +1					
if 2Kg to 10Kg (static or repeated) OR more than 10Kg (intermittent) +2					
if more than 10Kg (static or repeated) OR shocks +3					
Carried Weight:	0				
Force Use Score:	0				
Step 8: Final Wrist and Arm code:					
Use to find the row on Table C - right:					4
Final RULA result for Right arm - from Table C:					3

A. Arm and Wrist Analysis - Left Arm					Score
Step 1: Locate Upper Arm Position					
-20 to 20	less than -20	20 to 45	45 to 90	more than 90	
1	2	2	3	4	
Upper Arm Angle					43
Step 1a: Adjust...					
If shoulder is raised +1					
If upper arm is abducted +1					
If arm is supported or person is leaning -1					
Final Upper Arm Score:					2
Step 2: Locate Lower Arm Position					
60 to 100	more than 100 or less than 60				
1	2				
Lower Arm Angle					50
Step 2a: Adjust...					
If arm is working across midline of body or out to side of body +1					
Final Lower Arm Score:					2
Step 3: Locate Wrist Position					
0	-15 to 15	more than 15	less than -15		
1	2	3	3		
Wrist Angle					-14
Step 3a: Adjust...					
If wrist is bent away from midline (ulnar/radial deviation) +1					
Final Wrist Score:					3
Step 4: Wrist Twist					
If wrist is twisted mainly in mid-range	If twist at or near end of twisting range				
1	2				
Wrist Twist Angle					20
Wrist Twist Score:					1
Step 5: Locate Posture score from Table A - left:					3
Step 6: Add Muscle Use Score					
If posture mainly static (i.e. held for more than 1 minute) +1					
If action repeatedly occurs 4 times per minute or more +1					
Muscle Use Score:					0
Step 7: Add Force Use Score					
If load less than 2Kg +0					
If 2Kg to 10Kg (intermittent) +1					
If 2Kg to 10Kg (static or repeated) OR more than 10Kg (intermittent) +2					
If more than 10Kg (static or repeated) OR shocks +3					
Carried Weight:					0
Force Use Score:					0
Step 8: Final Wrist and Arm code:					=
Use to find the row on Table C - left:					3
Final RULA result for Left arm - from Table C:					3









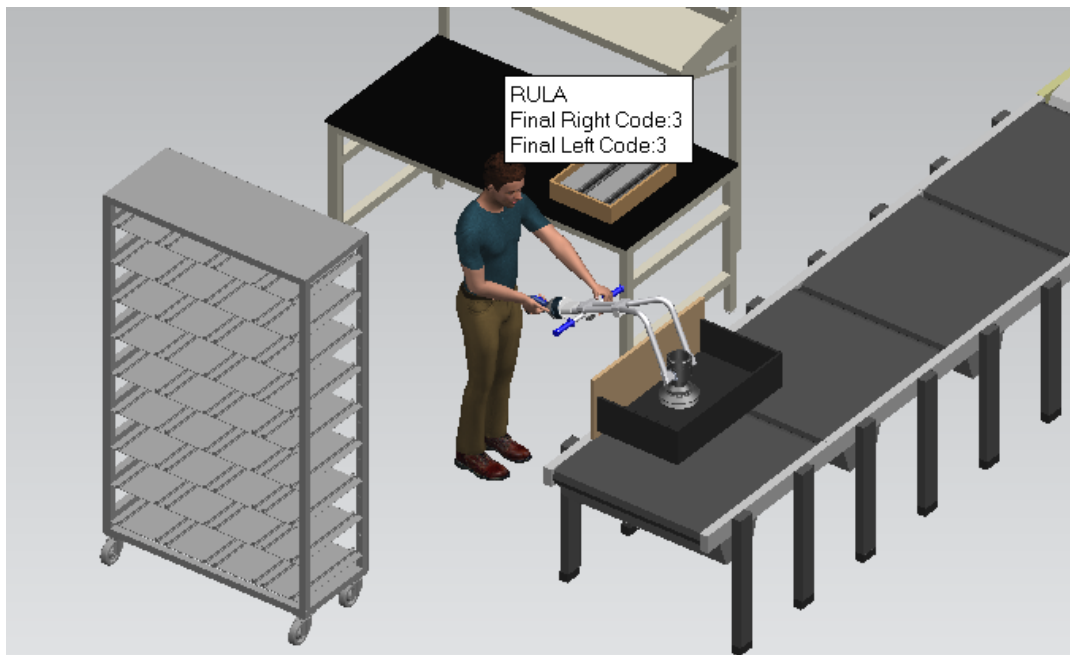
B. Neck, Trunk and Leg Analysis				Score
Step 9: Locate Neck Position				
0 to 10	10 to 20	more than 20	in extension	
				
1	2	3	4	
NeckPitch	-1			
Step 9b: Adjust...				
				+1
if neck is twisted				+1
if neck is side bending				+1
Final Neck Score:				2
Step 10: Locate Trunk Position				
-10 to 10	10 to 20	20 to 60	more than 60 or less than -10	
				
1	2	3	4	
BodyPitch	2			
Step 10b: Adjust...				
Model is seated - trunk well supported:				+1
Model is seated - trunk not well supported:				+2
if trunk is twisted				+1
if trunk is side-bending				+1
Final Trunk Score:				1
Step 11: Legs				
if legs and feet are supported and balanced				+1
if not				+2
Final Legs Score:				1
Step 12: Look up Posture score from Table B:				
				2
Step 13: Add Muscle Use Score				
if posture mainly static (i.e. held for more than 1 minute)				+1
if action repeatedly occurs 4 times per minute or more				+1
Muscle Use Score:				0
Step 14: Add Force Use Score				
if load less than 2Kg				+0
if 2Kg to 10Kg (intermittent)				+1
if 2Kg to 10Kg (static or repeated) OR more than 10Kg (intermittent)				+2
if more than 10Kg (static or repeated) OR shocks				+3
Carried Weight:	0			
Force Use Score:				0
Step 15: Final Neck, Trunk and Leg code:				
Use to find the column on Table C - right:				=
				2

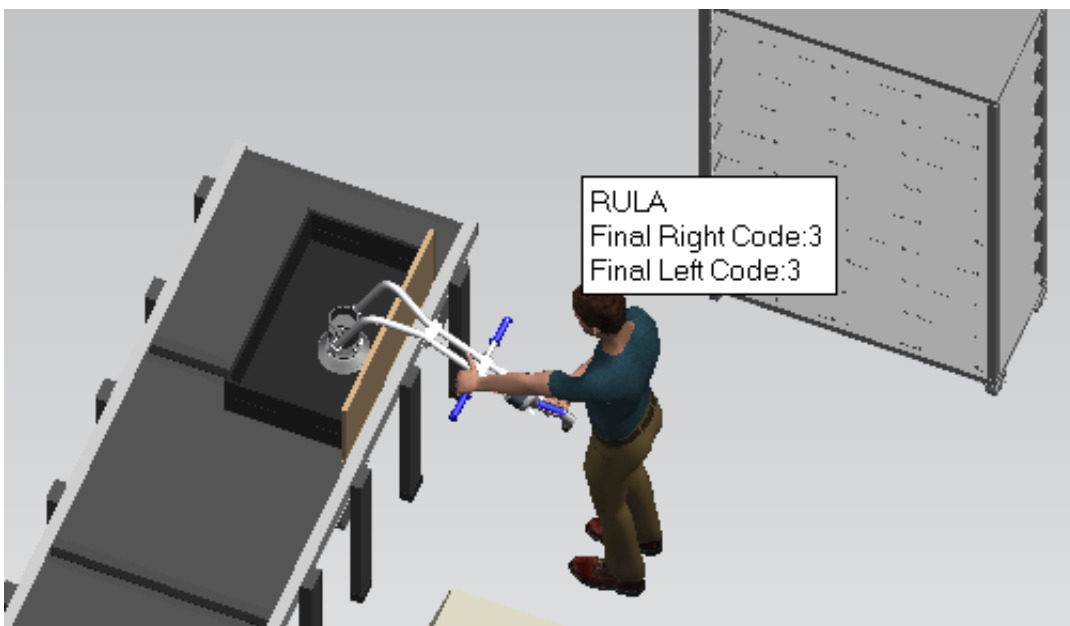
Figura 114: Human Report RULA relativo alla postura della seconda operatrice a seguito della riprogettazione

Per entrambi i lati del corpo sono stati ottenuti punteggi pari a 3, evidenziando, quindi, come la presenza di rischio sia notevolmente ridotta a seguito dell'utilizzo di una soluzione collaborativa. Infine, è stata verificata la postazione finale, quella che, dalla prima valutazione, era risultata la più critica.

Nello specifico, sono state prese in considerazione le posture che precedentemente avevano ottenuto i punteggi maggiori in termini di rischi posturali senza l'ausilio dell'annullatore di peso, in questo caso l'aggancio del manipolatore al cassettone e il posizionamento del cestone nel ripiano più basso del carrello.



a)



b)

Figura 115: a) – b) Postura 1 del terzo operatore analizzata nella simulazione a seguito della riprogettazione

A. Arm and Wrist Analysis - Right Arm					Score
Step 1: Locate Upper Arm Position					
-20 to 20	less than -20	20 to 45	45 to 90	more than 90	
1	2	2	3	4	
Upper Arm Angle					15
Step 1a: Adjust...					
If shoulder is raised +1					
If upper arm is abducted +1					
If arm is supported or person is leaning -1					
Final Upper Arm Score:					1
Step 2: Locate Lower Arm Position					
60 to 100	more than 100 or less than 60				
1	2				
Lower Arm Angle					60
Step 2a: Adjust...					
If arm is working across midline of body or out to side of body +1					
Final Lower Arm Score:					1
Step 3: Locate Wrist Position					
0	-15 to 15	more than 15	less than -15		
1	2	3	3		
Wrist Angle					-20
Step 3a: Adjust...					
If wrist is bent away from midline +1					
Final Wrist Score:					4
Step 4: Wrist Twist					
If wrist is twisted mainly in mid-range	If twist at or near end of twisting range				
1	2				
Wrist Twist Angle					52
Wrist Twist Score:					2
Step 5: Locate Posture score from Table A - right:					3
Step 6: Add Muscle Use Score					+
If posture mainly static (i.e. held for more than 1 minute) +1					
If action repeatedly occurs 4 times per minute or more +1					
Muscle Use Score:					0
Step 7: Add Force Use Score					+
If load less than 2Kg +0					
If 2Kg to 10Kg (intermittent) +1					
If 2Kg to 10Kg (static or repeated) OR more than 10Kg (intermittent) +2					
If more than 10Kg (static or repeated) OR shocks +3					
Carried Weight:					0
Force Use Score:					0
Step 8: Final Wrist and Arm code:					=
Use to find the row on Table C - right:					3
Final RULA result for Right arm - from Table C:					3

A. Arm and Wrist Analysis - Left Arm					Score
Step 1: Locate Upper Arm Position					
-20 to 20	less than -20	20 to 45	45 to 90	more than 90	
1	2	2	3	4	
Upper Arm Angle					62
Step 1a: Adjust...					
If shoulder is raised +1					
If upper arm is abducted +1					
If arm is supported or person is leaning -1					
Final Upper Arm Score:					3
Step 2: Locate Lower Arm Position					
60 to 100	more than 100 or less than 60				
1	2				
Lower Arm Angle					5
Step 2a: Adjust...					
If arm is working across midline of body or out to side of body +1					
Final Lower Arm Score:					2
Step 3: Locate Wrist Position					
0	-15 to 15	more than 15	less than -15		
1	2	3	3		
Wrist Angle					-20
Step 3a: Adjust...					
If wrist is bent away from midline (ulnar/radial deviation) +1					
Final Wrist Score:					3
Step 4: Wrist Twist					
If wrist is twisted mainly in mid-range	If twist at or near end of twisting range				
1	2				
Wrist Twist Angle					-43
Wrist Twist Score:					1
Step 5: Locate Posture score from Table A - left:					4
Step 6: Add Muscle Use Score					+
If posture mainly static (i.e. held for more than 1 minute) +1					
If action repeatedly occurs 4 times per minute or more +1					
Muscle Use Score:					0
Step 7: Add Force Use Score					+
If load less than 2Kg +0					
If 2Kg to 10Kg (intermittent) +1					
If 2Kg to 10Kg (static or repeated) OR more than 10Kg (intermittent) +2					
If more than 10Kg (static or repeated) OR shocks +3					
Carried Weight:					0
Force Use Score:					0
Step 8: Final Wrist and Arm code:					=
Use to find the row on Table C - left:					4
Final RULA result for Left arm - from Table C:					3









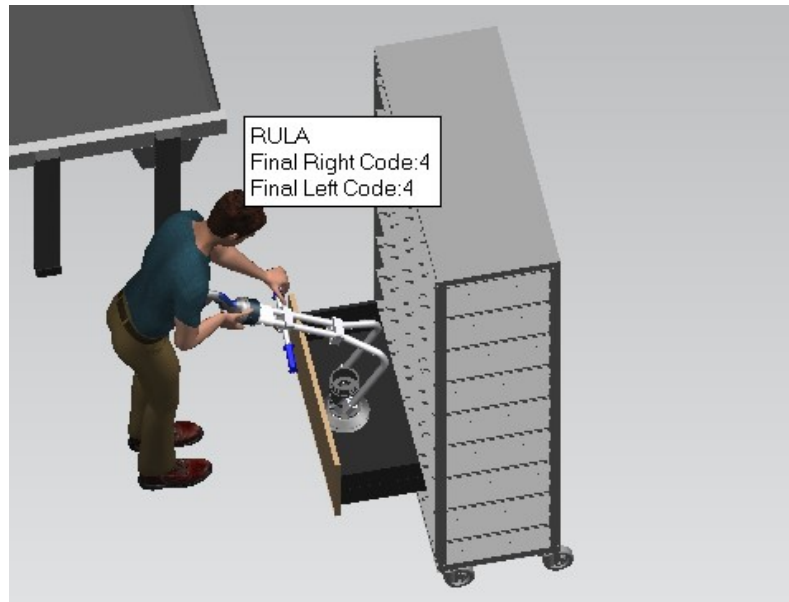
B. Neck, Trunk and Leg Analysis				Score
Step 9: Locate Neck Position				
0 to 10	10 to 20	more than 20	in extension	
				
1	2	3	4	
NeckPitch				9
Step 9b: Adjust...				
If neck is twisted +1				
If neck is side bending +1				
Final Neck Score:				1
Step 10: Locate Trunk Position				
-10 to 10	10 to 20	20 to 60	more than 60 or less than -10	
				
1	2	3	4	
BodyPitch				6
Step 10b: Adjust...				
Model is seated - trunk well supported: =1				
Model is seated - trunk not well supported: =2				
If trunk is twisted +1				
If trunk is side-bending +1				
Final Trunk Score:				1
Step 11: Legs				
If legs and feet are supported and balanced +1				
If not +2				
Final Legs Score:				1
Step 12: Look up Posture score from Table B:				
				1
Step 13: Add Muscle Use Score				
If posture mainly static (i.e. held for more than 1 minute) +1				
If action repeatedly occurs 4 times per minute or more +1				
Muscle Use Score:				0
Step 14: Add Force Use Score				
If load less than 2Kg +0				
If 2Kg to 10Kg (intermittent) +1				
If 2Kg to 10Kg (static or repeated) OR more than 10Kg (intermittent) +2				
If more than 10Kg (static or repeated) OR shocks +3				
Carried Weight: 0				
Force Use Score:				0
Step 15: Final Neck, Trunk and Leg code:				
Use to find the column on Table C - right:				1

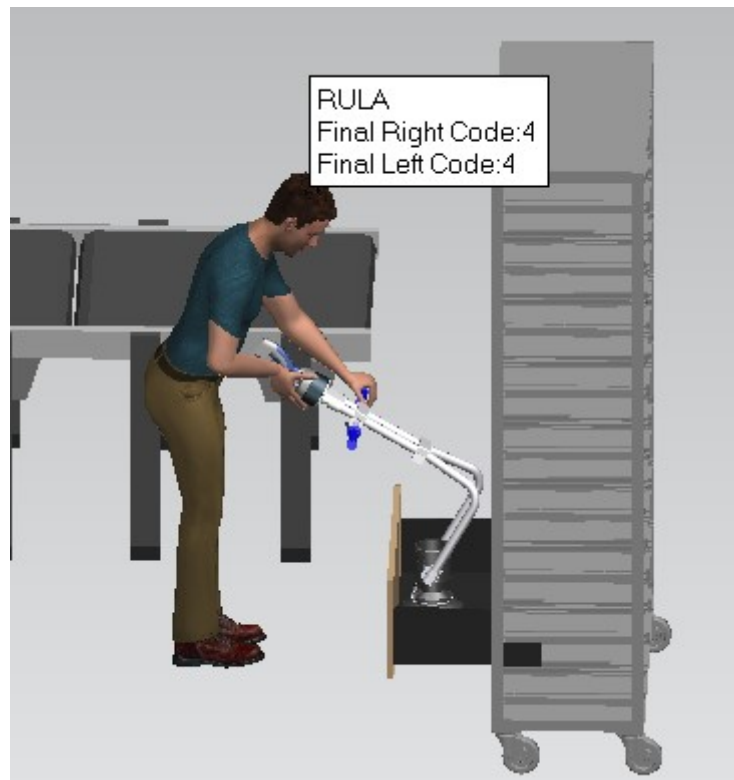
Figura 116: Human Report RULA relativo alla postura del terzo operatore a seguito della riprogettazione - Postura 1

Evidentemente, i risultati sono ottimi, entrambi gli score finali hanno un valore pari a 3, le criticità che riguardavano la presa del cestone sono state assolutamente superate in modo da rendere questa attività molto meno gravosa verso la salute dell'operatore.

Per concludere la valutazione, è stata, poi, presa in analisi la postura a seguito del posizionamento del cestone ad una altezza di circa 40 cm dal pavimento, operazione che vedeva la flessione del tronco e l'estensione del collo, assieme al peso del cassettone da trasportare, quali maggiori fonti di rischio ergonomico.





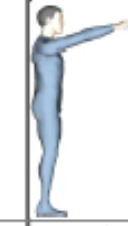






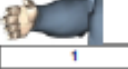
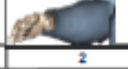


a)



b)

Figura 117: a) – b) Postura 2 del terzo operatore analizzata nella simulazione a seguito della riprogettazione

A. Arm and Wrist Analysis - Right Arm					Score
Step 1: Locate Upper Arm Position					
-20 to 20	less than -20	20 to 45	45 to 90	more than 90	
					
1	2	2	3	4	
Upper Arm Angle					13
Step 1a: Adjust...					
If shoulder is raised +1					
If upper arm is abducted +1					
If arm is supported or person is leaning -1					
Final Upper Arm Score:					1
Step 2: Locate Lower Arm Position					
60 to 100	more than 100 or less than 60				
					
1	2				
Lower Arm Angle					95
Step 2a: Adjust...					
If arm is working across midline of body or out to side of body +1					
Final Lower Arm Score:					1
Step 3: Locate Wrist Position					
0	-15 to 15	more than 15	less than -15		
					
1	2	3	3		
Wrist Angle					-50
Step 3a: Adjust...					
If wrist is bent away from midline +1					
Final Wrist Score:					4
Step 4: Wrist Twist					
If wrist is twisted mainly in mid-range	If wrist is at or near end of twisting range				
					
1	2				
Wrist Twist Angle					55
Wrist Twist Score:					2
Step 5: Locate Posture score from Table A - right:					3
Step 6: Add Muscle Use Score					+
If posture mainly static (i.e. held for more than 1 minute) +1					
If action repeatedly occurs 4 times per minute or more +1					
Muscle Use Score:					0
Step 7: Add Force Use Score					+
If load less than 2Kg +0					
If 2Kg to 10Kg (intermittent) +1					
If 2Kg to 10Kg (static or repeated) OR more than 10Kg (intermittent) +2					
If more than 10Kg (static or repeated) OR shocks +3					
Carried Weight:					0
Force Use Score:					0
Step 8: Final Wrist and Arm code:					=
Use to find the row on Table C - right:					3
Final RULA result for Right arm - from Table C:					4

A. Arm and Wrist Analysis - Left Arm					Score
Step 1: Locate Upper Arm Position					
-20 to 20	less than -20	20 to 45	45 to 90	more than 90	
1	2	2	3	4	
Upper Arm Angle	50				
Step 1a: Adjust...					
If shoulder is raised +1					
If upper arm is abducted +1					
If arm is supported or person is leaning -1					
Final Upper Arm Score:					3
Step 2: Locate Lower Arm Position					
60 to 100	more than 100 or less than 60				
1	2				
Lower Arm Angle	20				
Step 2a: Adjust...					
If arm is working across midline of body or out to side of body +1					
Final Lower Arm Score:					2
Step 3: Locate Wrist Position					
0	-15 to 15	more than 15	less than -15		
1	2	3	3		
Wrist Angle	-31				
Step 3a: Adjust...					
If wrist is bent away from midline (ulnar/radial deviation) +1					
Final Wrist Score:					3
Step 4: Wrist Twist					
If wrist is twisted mainly in mid-range	If twist at or near end of twisting range				
1	2				
Wrist Twist Angle	-74				
Wrist Twist Score:					2
Step 5: Locate Posture score from Table A - left:					4
Step 6: Add Muscle Use Score					+
If posture mainly static (i.e. held for more than 1 minute) +1					
If action repeatedly occurs 4 times per minute or more +1					
Muscle Use Score:					0
Step 7: Add Force Use Score					+
If load less than 2Kg +0					
If 2Kg to 10Kg (intermittent) +1					
If 2Kg to 10Kg (static or repeated) OR more than 10Kg (intermittent) +2					
If more than 10Kg (static or repeated) OR shocks +3					
Carried Weight:	0				
Force Use Score:					0
Step 8: Final Wrist and Arm code:					=
Use to find the row on Table C - left:					4
Final RULA result for Left arm - from Table C:					4









B. Neck, Trunk and Leg Analysis					Score
Step 9: Locate Neck Position					
0 to 10	10 to 20	more than 20	in extension		
					
1	2	3	4		
NeckPitch	15				
Step 9b: Adjust...					
				If neck is twisted +1	
				If neck is side bending +1	
Final Neck Score:					2
Step 10: Locate Trunk Position					
-10 to 10	10 to 20	20 to 60	more than 90 or less than -10		
					
1	2	3	4		
BodyPitch	28				
Step 10b: Adjust...					
				Model is seated - trunk well supported: =1	
				Model is seated - trunk not well supported: =2	
				If trunk is twisted +1	
				If trunk is side-bending +1	
Final Trunk Score:					3
Step 11: Legs					
				If legs and feet are supported and balanced +1	
				If not +2	
Final Legs Score:					1
Step 12: Look up Posture score from Table B:					4
Step 13: Add Muscle Use Score					+
				If posture mainly static (i.e. held for more than 1 minute) +1	
				If action repeatedly occurs 4 times per minute or more +1	
Muscle Use Score:					0
Step 14: Add Force Use Score					+
				If load less than 2Kg +0	
				If 2Kg to 10Kg (intermittent) +1	
				If 2Kg to 10Kg (static or repeated) OR more than 10Kg (intermittent) +2	
				If more than 10Kg (static or repeated) OR shocks +3	
Carried Weight:	0				
Force Use Score:					0
Step 15: Final Neck, Trunk and Leg code:					=
Use to find the column on Table C - right:					4

Figura 118: Human Report RULA relativo alla postura del terzo operatore a seguito della riprogettazione - Postura 2

I risultati ottenuti, con punteggi di 4 per entrambi i lati, garantiscono un rischio limitato, infatti nonostante la schiena sia lievemente flessa, le braccia si trovano in una posizione pressoché ideale e, soprattutto, è stato completamente annullato il peso del cestone che deve essere movimentato rendendo questa postazione molto più sicura.

Conclusioni

La disamina della linea di produzione, così come descritta in contenuto, ha portato alla riprogettazione della stessa. In particolare, è stata interessata maggiormente la parte finale della linea, nonché la principale fonte di rischio. Dal punto di vista ergonomico sono state eliminate totalmente le criticità che concorrevano ad intaccare la salute degli operatori. Nello specifico, per quanto riguarda la postazione di avvitatura, è stata inserita una cella collaborativa, la quale esula l'operatrice dal compito di utilizzare gli strumenti per inserire le viti in modo che non sia portata ad assumere determinate posture, come quelle attuali, le quali sono fonti di dolori e disturbi articolari alla spalla. L'operazione più gravosa evidenziata dallo studio della nuova applicazione, quindi, risulta essere la messa a squadro del cestone, che, a seguito dell'analisi RULA, si è rivelata perlopiù esente da rischi. Per quanto riguarda, invece, la postazione di carico sui carrelli, è stato abbattuto notevolmente il coefficiente di pericolosità sia dal punto di vista ergonomico che di movimentazione di carichi eccessivamente pesanti. Le criticità, infatti, che determinavano la necessità di un immediato intervento migliorativo, quali la postura assunta dall'operatore e il peso dei cestoni pari a 15 e 17 Kg, sono stati agilmente superate grazie all'inserimento dell'azzeratore di peso. Tale strumento, infatti, mette l'operatore in condizioni di movimentare i prodotti eliminandone completamente la massa, grazie alla tecnologia del vuoto, in maniera rapida e precisa. Il manipolatore, grazie alla sua natura assolutamente ergonomica, permette di raggiungere tutti i ripiani del carrello senza problemi, evitando che l'operatore debba assumere posizioni che comportino disturbi e malattie muscoloscheletriche. Inoltre, tramite la riprogettazione dei carrelli, esplicitamente richiesta da LUBE Industries, si è cercato di ridurre lo sforzo a seguito della loro movimentazione manuale, la quale comportava l'impiego di due operatori, riducendone la capacità, e quindi il peso, oltre alle dimensioni stesse. Le alternative proposte, inoltre, mirano all'aumento della flessibilità produttiva grazie alla possibilità di inserire sia cestoni che cassette di dimensioni differenti, svincolando la produzione della linea dalla disponibilità di carrelli con particolari dimensioni, mediante il sistema di modulabilità sia in altezza che in larghezza. Per quanto riguarda la tempificazione delle nuove attività è stata fatta una previsione di natura pessimistica per valutare se, nel caso di condizioni non ottimali, la produttività risulti inalterata. Per quanto riguarda la seconda postazione, ovvero l'inserimento delle viti e della placchetta, sono necessari 41 secondi, sicuramente superiori rispetto agli attuali 11 secondi. Deve essere considerato, però, il grande sbilanciamento della linea, il cui collo di bottiglia, individuato nella lavorazione dell'anta della macchina CNC, risulti pari a 57 secondi.

È evidente, quindi, come il tempo ottenuto sia ampiamente inferiore rispetto a quello della ferratura del pezzo, il quale determina il ritmo produttivo, anzi, migliora l'efficienza della linea operando un miglior bilanciamento della stessa. Per quanto riguarda la terza postazione, riguardante l'inserimento delle spondine laterali e il carico del cestone sul carrello, al fine di completare correttamente tutte le attività, è stato previsto un tempo pari a 30 secondi. Anche in questo caso superiore ai 20 attuali, ma, come nel caso precedente, inferiore al tempo di alimentazione della linea, rendendolo quindi accettabile, anzi consigliabile, al fine di evitare pause e inoperatività della linea stessa. Inoltre, per quanto riguarda la manipolazione dell'azzeratore, si deve specificare come, con il frequente utilizzo dello strumento, aumenti notevolmente la manualità e, quindi, la destrezza con la quale l'operatore completa l'operazione di carico del cestone sui carrelli, determinando, naturalmente, una riduzione del tempo di tale attività. È possibile, in definitiva, tramite l'attuazione del nuovo layout della linea di produzione, garantire la produttività giornaliera che caratterizza questo reparto riuscendo a soddisfare, comunque, la grande domanda a cui deve far fronte LUBE e, allo stesso tempo, migliorare nettamente le condizioni di lavoro riducendo esponenzialmente i rischi e le criticità che vanno a compromettere la salute e la sicurezza degli operatori. Al fine di perfezionare la riprogettazione della linea di produzione, si potrebbe pensare alla ricollocazione, all'interno del reparto, di uno dei tre operatori per migliorare il bilanciamento della stessa, riuscendo, in questa maniera ad eliminare l'improduttività legata all'alimentazione del sistema, compito della seconda operatrice, che comportano un notevole spreco di tempo, e, allo stesso tempo, favorendo la produzione dei prodotti fuorimisura realizzati ad hoc per i clienti, i quali necessitano di lavorazioni particolari al di fuori della procedura standard. Basterebbe, quindi, accorpare le operazioni del primo operatore a quelle della seconda postazione, data la rapidità di esecuzione nell'assemblaggio del pianale, riuscendo a mantenere la produttività inalterata. In questa situazione, però, sarebbe necessaria una modifica del layout, dato che i primi due operatori si trovano su due lati differenti del nastro, tale condizione comporterebbe, o lo spostamento del primo dalla parte opposta, con ovvi problemi legati al montaggio e allo spazio a disposizione per il trasporto dei pallet con i pianali da montare, o, situazione ben più semplice da realizzare, fare in modo che il pezzo ruoti a seguito del montaggio del cestone, in modo che la cella collaborativa possa essere ubicata nella parte opposta rispetto alla sua attuale locazione e, quindi sia le attività della prima postazione che della seconda possano essere realizzate dallo stesso lato del nastro. Nel caso in cui venga considerata tale ipotesi, sarebbe, ovviamente, necessario spostare il terzo operatore dalla parte opposta, poiché il pezzo da movimentare arriverebbe con un'orientazione differente al caso attuale.

Questa condizione non creerebbe problemi dato che il lato nel quale avviene il montaggio delle spondine e il carico dei carrelli sono vincolati da limiti di spazio che vengono assicurati per entrambi le zone a fianco del trasportatore. Infine, come ultimo aspetto da considerare, sarebbe possibile trovare una soluzione alla movimentazione manuale dei carrelli nel reparto tramite l'utilizzo di veicoli a guida automatica, meglio conosciuti con il nome di AGV. Grazie a questa tecnologia è possibile movimentare elementi di peso anche molto elevato sfruttando tracce fisiche sul terreno o digitali, tramite la riflessione dei laser su appositi schermi, grazie ai quali è possibile imporre al veicolo automatico il percorso da seguire. La loro utilità sarebbe estesa a tutto l'impianto produttivo garantendo sicurezza, tramite degli appositi sensori in grado di individuare qualsiasi ostacolo, affidabilità e velocità di trasporto tra i vari reparti, migliorando notevolmente la logistica interna. Tutti questi fattori, a partire dalle soluzioni migliorative analizzate in tale trattazione, migliorerebbero notevolmente l'efficienza produttiva dell'intera azienda mantenendo come principi fondamentali la qualità e l'attenzione verso il cliente ma, allo stesso tempo, continuando il percorso di *human centred* dell'operatore garantendo un ambiente di lavoro che sia il più possibile collaborativo e stimolante sia dal punto di vista produttivo che sociale.

Indice delle figure

Figura 1: a) Leonardo da Vinci b) L'uomo vitruviano c) Semplificazione della figura umana	2
Figura 2: Ritratto di Wojciech Jastrzebowski e il suo celebre trattato	3
Figura 3: Foto di K. F. H. Murrell e la sua opera "Ergonomics - Man in his working environment"	4
Figura 4: a) Foto di Adriano Olivetti nella sua fabbrica e b) nel suo ufficio	5
Figura 5: Foto del Prof. Antonino Grieco e logo della SIE	6
Figura 6: Aspetti caratteristici dell'ergonomia	7
Figura 7: Aree di influenza dell'ergonomia	8
Figura 8: Anatomia del rachide	11
Figura 9: Alterazioni della colonna vertebrale	11
Figura 10: Anatomia della spalla.....	12
Figura 11: Anatomia del polso e della mano.....	12
Figura 12: Anatomia del gomito.....	13
Figura 13: Anatomia del ginocchio.....	14
Figura 14: Industria 4.0	16
Figura 15: "Human centre manufacturing", l'uomo al centro del progetto	19
Figura 16: Influenza dello Human Centred Manufacturing sull'uomo e sull'automazione	20
Figura 17: Template RULA.....	36
Figura 18: Sezione relativa all'analisi degli arti superiori	37
Figura 19: Sezione dedicata all'analisi del tronco e degli arti inferiori	38
Figura 20: Caratterizzazione del rischio e punteggi finali	40
Figura 21: Sezione dedicata alla descrizione dell'attività svolta	43
Figura 22: Sezione dedicata alla definizione delle pause.....	44
Figura 23: Sezione dedicata all'utilizzo degli arti superiori.....	45
Figura 24: Sezione dedicata alla forza sviluppata durante l'attività	47
Figura 25: Sezione dedicata all'analisi delle posture inadeguate	48
Figura 26: Sezione dedicata alla presenza di fattori di rischio complementari	50
Figura 27: Sezione dedicata al punteggio intrinseco finale	50
Figura 28: Sezione dedicata al calcolo finale dello score	51
Figura 29: Toolbar della sezione Human.....	58
Figura 30: Funzionalità Create Human.....	58
Figura 31: Modelli umani creati in Tecnomatix	59
Figura 32: Funzionalità Human Posturing	59

Figura 33: Libreria delle posture	60
Figura 34: Task Simulation Builder, creazione dei task.....	61
Figura 35: Strumenti per l'analisi ergonomica	62
Figura 36: a) Il giovane Luciano Sileoni e b) la prima cucina LUBE	64
Figura 37: a) Atto di fondazione delle SIRA e logo b) Citazione di Luciano Sileoni.....	65
Figura 38: a) Evoluzione del logo b) I tre fondatori nel loro showroom.....	65
Figura 39: a) Logo LUBE OVER b) Stabilimento di produzione di Passo di Treia.....	66
Figura 40: Marchio LUBE e slogan di Fabio Giulianelli	66
Figura 41: Focus sullo stabilimento di produzione di Passo di Treia	68
Figura 42: Sezionatura pannelli.....	69
Figura 43: Foratura e fresatura pannelli	70
Figura 44: Bordatura pannelli	71
Figura 45: Assemblaggio mobili	72
Figura 46: Reparto magazzino elettrodomestici e piani cucina in granito.....	73
Figura 47: Piazzale di carico esterno	74
Figura 48: Showroom LUBE.....	74
Figura 49: Layout della stazione di lavoro.....	75
Figura 50: Percorso del cestone e rappresentazione dei task	81
Figura 51: Operatore addetto al montaggio dei cestoni.....	85
Figura 52: Foglio di calcolo RULA del primo operatore.....	86
Figura 53: Foglio di calcolo OCRA per il primo operatore	89
Figura 54: Sezione dedicata all'ambiente di lavoro nel modello NIOSH.....	90
Figura 55: Sezione dedicata alla caratterizzazione del turno di lavoro e dell'attività di movimentazione nel modello NIOSH per il primo operatore	93
Figura 56: Valutazione finale del rischio del primo operatore con il metodo NIOSH.....	94
Figura 57: Foglio di calcolo dell'indice sintetico di rischio per il primo operatore	95
Figura 58: Focus della piastrina e delle viti sul cestone	96
Figura 59: Operatrice addetta all'inserimento delle viti	97
Figura 60: Foglio di calcolo RULA della seconda operatrice	98
Figura 61: Foglio di calcolo OCRA per la seconda operatrice.....	101
Figura 62: Operatore addetto al carico dei carrelli - Postura 1	103
Figura 63: Foglio di calcolo RULA per il terzo operatore - Postura 1	104
Figura 64: Foglio di calcolo OCRA per il terzo operatore - Postura 1.....	107
Figura 65: Foglio di calcolo del metodo NIOSH per il terzo operatore	113
Figura 66: Foglio di calcolo dell'indice sintetico di rischio per il terzo operatore.....	114

Figura 67: Operatore addetto al carico dei carrelli - Postura 2	115
Figura 68: Foglio di calcolo RULA per il terzo operatore - Postura 2	116
Figura 69: Foglio di calcolo OCRA per il terzo operatore - Postura 2.....	119
Figura 70: Layout della linea attuale - Tecnomatix.....	120
Figura 71: Prima postazione - Tecnomatix.....	121
Figura 72: Seconda postazione - Tecnomatix	121
Figura 73: Terza postazione - Tecnomatix	122
Figura 74: Layout della linea attuale con operatori in postazione - Tecnomatix.....	122
Figura 75: a) – b) Postura del primo operatore analizzata nella simulazione.....	123
Figura 76: Human Report RULA relativo alla postura del primo operatore.....	126
Figura 77: a) – b) Postura della seconda operatrice analizzata nella simulazione	127
Figura 78: Human Report RULA relativo alla postura della seconda operatrice	130
Figura 79: a) – b) Postura del terzo operatore analizzata nella simulazione	131
Figura 80: Human Report RULA relativo alla postura del terzo operatore.....	134
Figura 81: Risultati analisi ergonomica del primo operatore.....	135
Figura 82: Risultati analisi ergonomica della seconda operatrice.....	136
Figura 83: Risultati analisi ergonomica del terzo operatore	137
Figura 84: a) - b) Immagini di robotica collaborativa	140
Figura 85: Panoramica UR5	141
Figura 86: Telaio di supporto con cobot e dispenser - Frontale	142
Figura 87: Telaio di supporto con cobot e dispenser - Laterale.....	143
Figura 88: Cinematismo per la messa a squadro del cestone.....	144
Figura 89: Dispositivo per il bloccaggio della piatrina.....	144
Figura 90: Assieme della cella collaborativa	145
Figura 91: a) - b) Azzeratore di peso SCHMALZ.....	148
Figura 92: Assieme azzeratore di peso Jumbo Flex High - Stack.....	149
Figura 93: a) - b) Focusa sul manipolatore.....	150
Figura 94: Prima versione del carrello riprogettato.....	151
Figura 95: Base cone le guide di scorrimento	152
Figura 96: Asta di bloccaggio e di scorrimento assemblate.....	153
Figura 97: Spazzola Mink Bürsten STL600	153
Figura 98: Configurazione delle alette laterali (a) e metodo di regolazione in altezza (b)	154
Figura 99: Rendering 1 della prima alternativa.....	155
Figura 100: Rendering 2 della prima alternativa.....	155
Figura 101: Seconda versione del carrello riprogettato	156

Figura 102: Configurazione dei ripiani della seconda alternativa.....	157
Figura 103: Modello CAD pressore elastico a molla (<i>a</i>) e rendering dello stesso (<i>b</i>)	157
Figura 104: Disegno del pressore elastico a molla.....	158
Figura 105: Posizionamento dei pressori elastici.....	158
Figura 106: Spazzole montate a distanza predefinita sul ripiano	159
Figura 107: Rendering 1 della seconda alternativa.....	159
Figura 108: Rendering 2 della seconda alternativa.....	160
Figura 109: Rendering 3 della seconda alternativa – Focus sui pressori	160
Figura 110: <i>a) - b)</i> Layout finale della linea di produzione riprogettata in Tecnomatix.....	162
Figura 111: Seconda postazione con cella collaborativa - Tecnomatix	163
Figura 112: Terza postazione con azzeratore di peso - Tecnomatix	163
Figura 113: <i>a) – b)</i> Postura della seconda operatrice analizzata nella simulazione a seguito della riprogettazione.....	164
Figura 114: Human Report RULA relativo alla postura della seconda operatrice a seguito della riprogettazione.....	167
Figura 115: <i>a) – b)</i> Postura 1 del terzo operatore analizzata nella simulazione a seguito della riprogettazione.....	168
Figura 116: Human Report RULA relativo alla postura del terzo operatore a seguito della riprogettazione - Postura 1	171
Figura 117: <i>a) – b)</i> Postura 2 del terzo operatore analizzata nella simulazione a seguito della riprogettazione.....	172
Figura 118: Human Report RULA relativo alla postura del terzo operatore a seguito della riprogettazione - Postura 2	175

Indice delle tabelle

Tabella 1: Definizione dell'indice di rischio.....	31
Tabella 2: Valori limite per il metodo Snook-Ciriello	34
Tabella 3: Definizione del rischio per il metodo Snook-Ciriello	35
Tabella 4: Tabella A per il calcolo del punteggio finale.....	38
Tabella 5: Tabella B per il calcolo del punteggio finale.....	39
Tabella 6: Tabella C per il calcolo incrociato dello score finale	39
Tabella 7: Definizione del rischio per il metodo RULA.....	40
Tabella 8: Definizione del metodo OCRA	41
Tabella 9: Definizione del rischio per il metodo OCRA	51
Tabella 10: Produttività e dimensioni dei cestoni	77
Tabella 11: Definizione delle operazioni.....	80
Tabella 12: Definizione dei tempi medi delle varie fasi	83
Tabella 13: Definizione dei task riguardanti le operazioni manuali.....	84
Tabella 14: Fasi della cella collaborativa.....	146
Tabella 15: Sequenza operazioni della terza postazione	161

Bibliografia e Normative di Riferimento

Erminia Attanese e Gabriella Duca, INAIL, *Manuale di raccomandazioni ergonomiche per le postazioni di lavoro metalmeccaniche*, 2008

Franco Canna, *Comprendere l'importanza dell'ergonomia, intervista con Paola Cenni*, Innovation Post, 2017

Società di ergonomia, *La storia dell'ergonomia, sintesi sul percorso evolutivo e sui protagonisti significativi*, Seminario, 2017

INAIL, *I disturbi muscoloscheletrici lavorativi, La causa, l'insorgenza, la prevenzione, la tutela assicurativa*, 2012

Veronica Peresotti, *Human Centred Manufacturing: L'uomo al centro della fabbrica*, Sistemi e Impresa, Giugno 2017

Giancarlo Oriani, *Industria 4.0, Sulla strada della fabbrica del futuro. Qual è la situazione dell'Italia?* Staufen Italia, 2015

EFFRA, *Factories of the future – Multi annual roadmap for the contractual PPP under horizon 2020*, European Union, 2013

Emanuele Menegatti, *Robotica intelligente per l'industria 4.0: ecco perché può rivoluzionare le imprese*, 2020

Focus Industria 4.0, *Simulazione: la quarta tecnologia abilitante dell'industria 4.0*, 2020

Massimo Granchi, *L'ergonomia del macchinario e della postazione di lavoro*, Il Notiziario sulla Sicurezza, Marzo – Aprile 2017

M. Mascarella, *Concetti di ergonomia*, Centro studi UILM Piemonte, 2016

UNI EN 1005-1:2009, *Sicurezza del macchinario – Prestazione fisica umana – Parte 1: Termini e definizioni*, Marzo 2009

UNI EN 1005-2: 2009, *Sicurezza del macchinario - Prestazione fisica umana - Parte 2: Movimentazione manuale di macchinario e di parti componenti il macchinario*, Marzo 2009

UNI EN 1005-3:2009, *Sicurezza del macchinario - Prestazione fisica umana - Parte 3: Limiti di forza raccomandati per l'utilizzo del macchinario*, Marzo 2009

UNI EN 1005-4:2009, *Sicurezza del macchinario - Prestazione fisica umana - Parte 4: Valutazione delle posture e dei movimenti lavorativi in relazione al macchinario*, Marzo 2009

ISO 11226:2000, *Ergonomics -- Evaluation of static working postures*, Dicembre 2000

ISO 11228-1:2003, *Ergonomics -- Manual handling Lifting and carrying*, Maggio 2003

ISO 11228-2:2007, *Ergonomics -- Manual handling Pushing and pulling*, Marzo 2007

ISO 11228-3:2007, *Ergonomics -- Manual handling Handling of low loads at high frequency*, Marzo 2007

ISO/TR 12295:2014, *Ergonomics -- Application document for International Standards on manual handling (ISO 11228-1, ISO 11228-2 and ISO 11228-3) and evaluation of static working postures (ISO 11226)*, Marzo 2014

Sitografia

<https://www.inail.it/cs/internet/home.html>, sito ufficiale INAIL

<https://www.cucinelube.it/it/>, sito ufficiale Cucine LUBE

<http://www.societadiergonomia.it/>, Società Italiana di Ergonomia

<https://www.uni.com/>, Ente Italiano di Normazione